1 - Instalações Elétricas

Circuito elétrico é um conjunto de corpos, componentes ou meios no qual é possível que haja corrente elétrica. Um *sistema elétrico* é um circuito ou conjunto de circuitos elétricos inter-relacionados, constituídos para uma determinada finalidade.

Uma ***instalação elétrica*** é o sistema elétrico físico, ou seja, é o conjunto de componentes elétricos associados e coordenados entre si, composto para um fim específico.

Um ***sistema elétrico*** é formado essencialmente por componentes elétricos que conduzem (ou podem conduzir) corrente, enquanto uma ***instalação elétrica*** inclui componentes elétricos que não conduzem corrente, mas que são essenciais ao seu funcionamento, tais como condutos, caixas e estrutura de suporte. Nessas condições, a cada instalação elétrica corresponderá um sistema elétrico. Em um projeto elétrico, as plantas e os detalhes (por exemplo, cortes, diagramas unifilares e trifilares) representam a instalação, enquanto que os circuitos elétricos envolventes representam o sistema. Os termos 'sistema elétrico' e 'instalações elétricas' são utilizados como sinônimos por muitos autores e projetistas.

A NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão (última edição da norma, de 1997) - baseada na norma internacional IEC 60364 - *Electric lnstallations of Buildings* -, é a norma aplicada a todas as instalações elétricas cuja tensão nominal é igual ou inferior a 1.000 V em corrente alternada (CA), ou a 1.500 V em corrente contínua (CC). As instalações cuja tensão nominal é superior a 1.000 V em CA ou a 1.500 V em CC, são genericamente chamadas de *instalações elétricas de alta tensão.* Por sua vez, as instalações cuja tensão nominal é igual ou inferior a 50 V em CA ou a 120 V em CC são *instalações elétricas de extra baixa tensão.*

A NBR 5410 fixa as condições a que as instalações de baixa tensão devem atender, a fim de garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens. Aplica-se a instalações novas e a reformas em instalações existentes, entendendo-se, em princípio, como 'reforma' qualquer ampliação de instalação existente (como criação de novos circuitos e alimentação de novos equipamentos), bem como qualquer substituição de componentes que implique alteração de circuito.

A norma aborda, praticamente, todos os tipos de instalações de baixa tensão, como:

- Edificações residenciais e comerciais em geral;
- Estabelecimentos institucionais e de uso público;
- Estabelecimentos industriais;
- Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
- Edificações pré-fabricadas;
- Reboques de acampamento *(trailers),*
- Locais de acampamento *(campings),*
- Marinas e locais análogos;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

A norma aplica-se também:

Aos circuitos internos de equipamentos que, embora alimentados por meio de instalação com tensão igual ou inferior a 1.000 V em CA, funcionam com tensão superior a 1.000 V, como é o caso de circuitos de lâmpadas de descarga, de precipitadores eletrostáticos etc.;

A qualquer linha elétrica (ou fiação) que não seja especificamente coberta pelas normas dos equipamentos de utilização;

Às linhas elétricas fixas de sinal, relacionadas exclusivamente à segurança (contra choques elétricos e efeitos térmicos em geral) e à compatibilidade eletromagnética.

Por outro lado, a norma não se aplica a:

- Instalações de distribuição de energia elétrica (redes) e de iluminação pública;
- Instalações de tração elétrica, de veículos automotores, embarcações e aeronaves;
- Instalações em minas;
- Instalações de cercas eletrificadas;
- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que eles não comprometam a segurança das instalações;
- Instalações específicas para a proteção contra descargas atmosféricas diretas.

A **NBR 5410** é complementada atualmente por outras duas normas, a **NBR 13570** - Instalações Elétricas em Locais de Afluência de Público: Requisitos Específicos - e a **NBR 13534** - Instalações Elétricas em Estabelecimentos Assistências de Saúde: Requisitos para Segurança. Ambas complementam, quando necessário, prescrições de caráter geral contidas na NBR 5410, relativas aos seus respectivos campos de aplicação.

A NBR 13570 aplica-se às instalações elétricas de locais como cinemas, teatros, danceterias, escolas, lojas, restaurantes, estádios, ginásios, circos e outros locais indicados com capacidades mínimas de ocupação (n^0 de pessoas) especificadas.

A NBR 13534, por sua vez, aplica-se a determinados locais como hospitais, ambulatórios, unidades sanitárias, clínicas médicas, veterinárias e odontológicas etc., tendo em vista a segurança dos pacientes.

1.1 - Componentes das instalações

Componente de uma instalação elétrica é um termo geral que se refere a um equipamento, uma linha elétrica ou qualquer outro elemento necessário ao funcionamento da instalação. O termo *componente* também é usado para indicar uma parte integrante de um equipamento, uma linha ou qualquer outro componente. Assim, por exemplo, um eletroduto e um conjunto de condutores isolados são componentes de uma linha constituída por condutores isolados contidos em eletroduto.

Um ***equipamento elétrico*** é uma unidade funcional, completa e distinta, que exerce uma ou mais funções elétricas relacionadas com geração, transmissão, distribuição ou utilização de energia elétrica, incluindo-se máquinas, transformadores, dispositivos elétricos, aparelhos de medição, proteção e controle. Em particular, um *equipamento de utilização* é o equipamento elétrico destinado a converter energia elétrica em outra forma de energia diretamente utilizável (mecânica, térmica, luminosa, sonora etc.).

O termo ***aparelho elétrico*** é utilizado para designar equipamentos de medição e certos equipamentos de utilização, como:

- ***Aparelho eletrodoméstico****:* destinado à utilização residencial ou análoga (por exemplo, aspirador de pó, liquidificador,lavadora de roupa e chuveiro elétrico);
- ***Aparelho eletroprofissional:*** destinado à utilização em estabelecimentos comerciais ou análogos (como máquina de escrever, copiadora xerox e microcomputador), incluindo os equipamentos eletromédicos;
- ***Aparelho de iluminação:*** é o conjunto constituído, no caso mais geral, por uma ou mais lâmpadas, luminárias e acessórios(reator e *starter*).

1.2 - Dispositivos Elétricos

Dispositivo elétrico é um equipamento integrante de um circuito elétrico, cujo objetivo é desempenhar uma ou mais funções de manobra, proteção ou controle. É importante observar que um dispositivo elétrico pode, por sua vez, ser parte integrante de uma unidade maior. Normalmente, o termo é utilizado para designar um componente que consome um mínimo de energia elétrica no exercício de sua função (geralmente comando, manobra ou proteção), correspondendo ao termo *device,* como é definido na norma norte-americana NEC - *National Electrical Code.*

As principais funções exercidas pelos dispositivos elétricos *(device)* são:

- **Manobra:** mudança na configuração elétrica de um circuito, feita manual ou automaticamente;
- **Comando:** ação destinada a efetuar a manobra, que pode ser de desligamento, ligação ou variação da alimentação de energia elétrica de toda ou parte de uma instalação, sob condições de funcionamento normal;
- **Proteção:** ação automática provocada por dispositivos sensíveis a determinadas condições anormais que ocorrem em um circuito, a fim de evitar danos às pessoas e aos animais e evitar ou limitar danos a um sistema ou equipamento elétrico;
- **Controle:** ação de estabelecer o funcionamento de equipamentos elétricos sob determinadas condições de operação.

1.3 - Esquemas de ligação utilizados em projetos elétricos de baixa tensão

Os projetos elétricos em baixa tensão devem ser utilizados, conforme esquemas de ligação, onde as ligações são desenvolvidas através de símbolos. Os esquemas utilizados em instalações elétricas de baixa tensão são dos diagramas multifilares e unifilares.

1.3.1 - Diagrama Multifilar

Representa do o sistema elétricos, com todos os seus condutores e detalhes onde cada traço representa um cabo e a simbologia utilizada fica restrita aos aparelhos de utilização. Para um melhor entendimento vamos tomar como exemplo o circuito de uma lâmpada acionada por um interruptor:

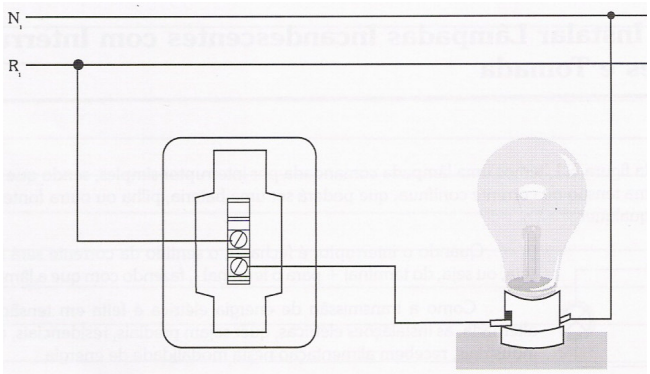


Fig. 1. Ligação de uma lâmpada acionada por um interruptor simples

Baseado neste circuito podemos desenhar o diagrama unifilar do circuito representado acima, onde os traços de fase (R1) e neutro(N1) são oriundos de um quadro de luz. Sempre deve-se interromper a fase do circuito através do interruptor.

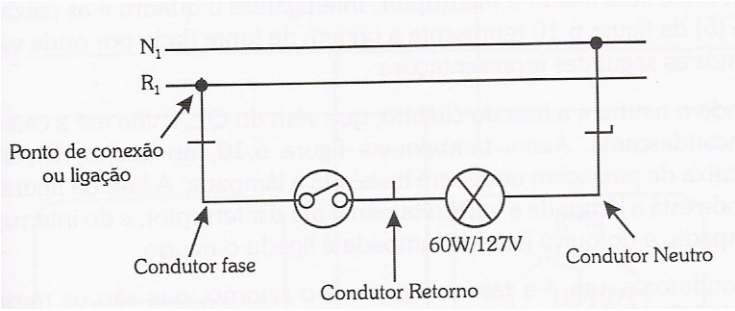


Fig. 2. Diagrama multifilar da lâmpada acionada por interruptor

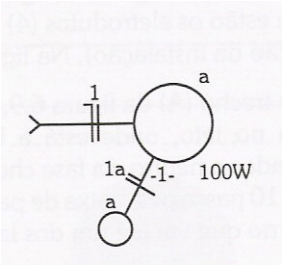
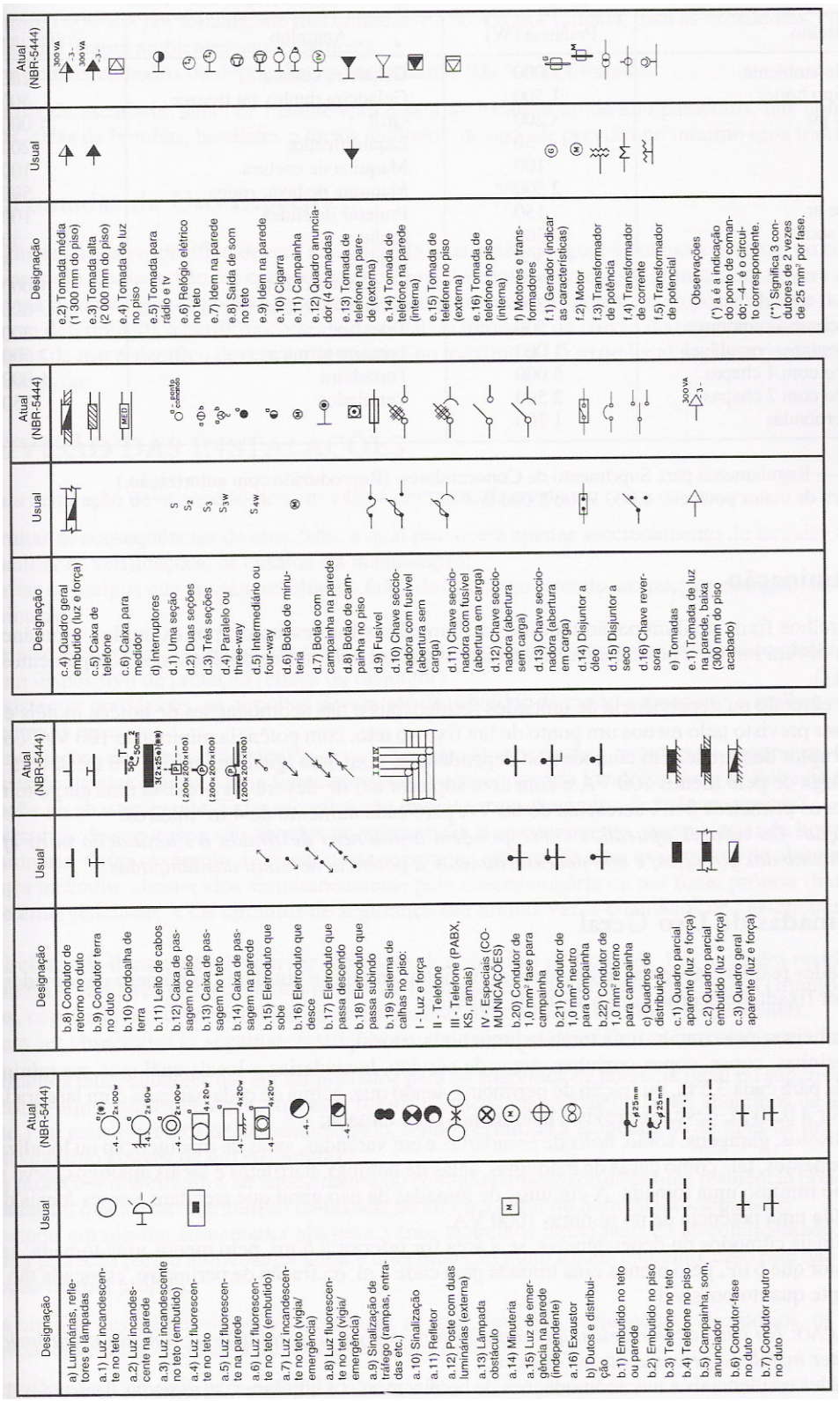


Fig.3. Diagrama unifilar da lâmpada acionada por interruptor

1.3.2 - Simbologia

A simbologia utilizada em instalações elétricas é definida de acordo com um padrão, sendo a simbologia comumente utilizada esta representada na tabela abaixo.



Designação	Usual	Atual (NBR-5444)
a) Luminárias, refletores e lâmpadas		
a.1) Luz incandescente no teto		
a.2) Luz incandescente na parede		
a.3) Luz incandescente no teto (embutido)		
a.4) Luz fluorescente no teto		
a.5) Luz fluorescente na parede		
a.6) Luz fluorescente no teto (embutido)		
a.7) Luz incandescente no teto (vigia/ emergência)		
a.8) Luz fluorescente no teto (vigia/ emergência)		
a.9) Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.)		
a.10) Sinalização		
a.11) Refletor		
a.12) Poste com duas luminárias (externa)		
a.13) Lâmpada obstáculo		
a.14) Minuteria	M	
a.15) Luz de emergência na parede (independente)		
a.16) Exaustor		
b) Dutos e distribuição		
b.1) Embutido no teto ou parede		
b.2) Embutido no piso		
b.3) Telefone no teto		
b.4) Telefone no piso		
b.5) Campainha, som, anunciador		
b.6) Condutor-fase no duto		
b.7) Condutor neutro no duto		

Designação	Usual	Atual (NBR-5444)
b.8) Condutor de retorno no duto		
b.9) Condutor terra no duto		
b.10) Cordoalha de terra		
b.11) Leito de cabos		
b.12) Caixa de passagem no piso		
b.13) Caixa de passagem no teto		
b.14) Caixa de passagem na parede		
b.15) Eletroduto que sobe		
b.16) Eletroduto que desce		
b.17) Eletroduto que passa descendo		
b.18) Eletroduto que passa subindo		
b.19) Sistema de calhas no piso:		
I - Luz e força		
II - Telefone		
III - Telefone (PABX, KS, ramais)		
IV - Especiais (COMUNICAÇÕES)		
b.20) Condutor de 1,0 mm² fase para campainha		
b.21) Condutor de 1,0 mm² neutro para campainha		
b.22) Condutor de 1,0 mm² retorno para campainha		
c) Quadros de distribuição		
c.1) Quadro parcial aparente (luz e força)		
c.2) Quadro parcial embutido (luz e força)		
c.3) Quadro geral aparente (luz e força)		

Designação	Usual	Atual (NBR-5444)
c.4) Quadro geral embutido (luz e força)		
c.5) Caixa de telefone		
c.6) Caixa para medidor		
d) Interruptores		
d.1) Uma seção	S	
d.2) Duas seções	S_2	
d.3) Três seções	S_3	
d.4) Paralelo ou three-way	S_{3w}	
d.5) Intermediário ou four-way	S_{4w}	
d.6) Botão de minuteria		
d.7) Botão com campainha na parede		
d.8) Botão de campainha no piso		
d.9) Fusível		
d.10) Chave seccionadora com fusível (abertura sem carga)		
d.11) Chave seccionadora com fusível (abertura em carga)		
d.12) Chave seccionadora (abertura sem carga)		
d.13) Chave seccionadora (abertura em carga)		
d.14) Disjuntor a óleo		
d.15) Disjuntor a seco		
d.16) Chave reversora		
e) Tomadas		
e.1) Tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado)		

Designação	Usual	Atual (NBR-5444)
e.2) Tomada média (1 300 mm do piso)		
e.3) Tomada alta (2 000 mm do piso)		
e.4) Tomada de luz no piso		
e.5) Tomada para rádio e tv		
e.6) Relógio elétrico no teto		
e.7) Idem na parede		
e.8) Saída de som no teto		
e.9) Idem na parede		
e.10) Cigarra		
e.11) Campainha		
e.12) Quadro anunciador (4 chamadas)		
e.13) Tomada de telefone na parede (externa)		
e.14) Tomada de telefone na parede (interna)		
e.15) Tomada de telefone no piso (externa)		
e.16) Tomada de telefone no piso (interna)		
f) Motores e transformadores		
f.1) Gerador (indicar as características)	G	
f.2) Motor	M	
f.3) Transformador de potência		
f.4) Transformador de corrente		
f.5) Transformador de potencial		
Observações		
(*) a é a indicação do ponto de comando; –4– é o circuito correspondente.		
(**) Significa 3 condutores de 2 vezes de 25 mm² por fase.		

Tabela 1- Simbologia empregada nos diagramas unifilares

1.3.3 - Instalação elétrica de uma tomada

1.3.3.1 - Diagrama Multifilar

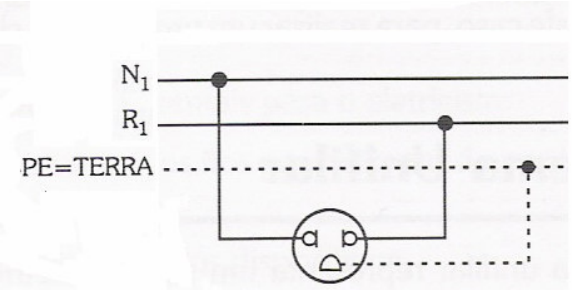


Fig. 4 - Diagrama multifilar de uma tomada monofásica

1.3.3.2 - Diagrama Unifilar

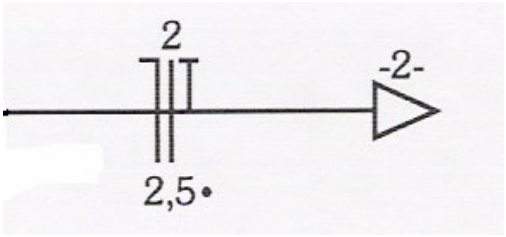


Fig. 5- Diagrama unifilar de uma tomada monofásica

1.3.4 - Acionamento de duas lâmpadas com Interruptor de duas seções

1.3.4.1 - Diagrama Multifilar

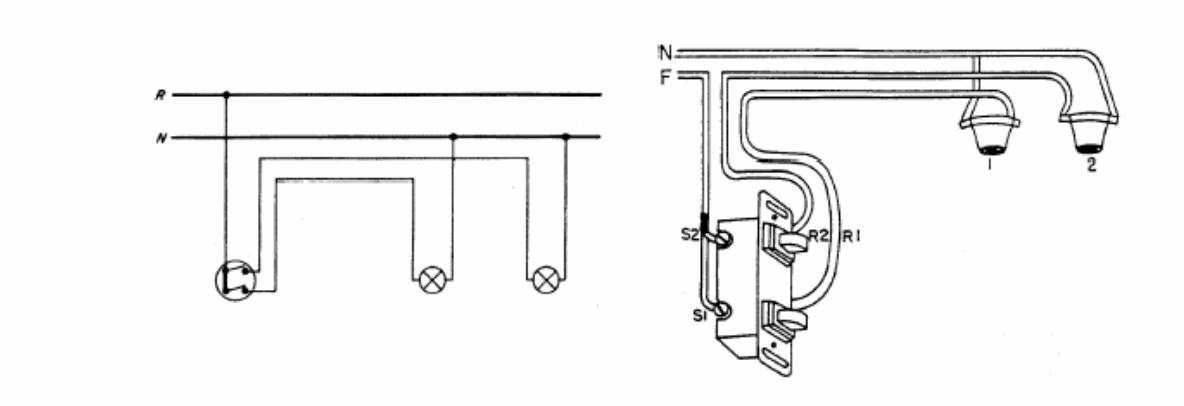


Fig.5 - Diagrama Multifilar do acionamento de duas lâmpadas com interruptor de duas seções

1.3.4.2 - Diagrama Unifilar

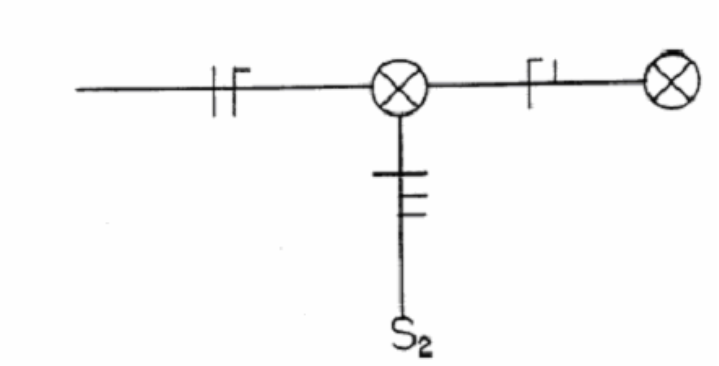


Fig. 6 - Diagrama Multifilar do acionamento de duas lâmpadas com interruptor de duas seções

1.3.4 - Interruptores paralelos(Three-Way)

Este tipo de interruptor é utilizado quando se deseja acionar uma lâmpada ou um conjunto de lâmpadas através de dois pontos distintos, evitando assim que o usuário tenha que retornar ao um determinado ponto para desligar a lâmpada, o interruptor paralelo é usado nos seguintes locais:

- Escadarias: A melhor solução é instalar um interruptor no inicio da escada e outro no final da escada;
- Corredores: Podem ser instalados no inicio e no final do corredor;
- Quartos: Instala-se um interruptor próximo à porta do quarto e outro na cabeceira da cama.

O interruptor paralelo também pode ser chamado de three way, pois o interruptor possui três terminais, onde o terminal central é denominado terminal comum sendo este ligado na fase ou retorno para a lâmpada e os demais ligados os retornos para o próximo interruptor paralelo. No diagrama abaixo temos o circuito multifilar do interruptor paralelo.

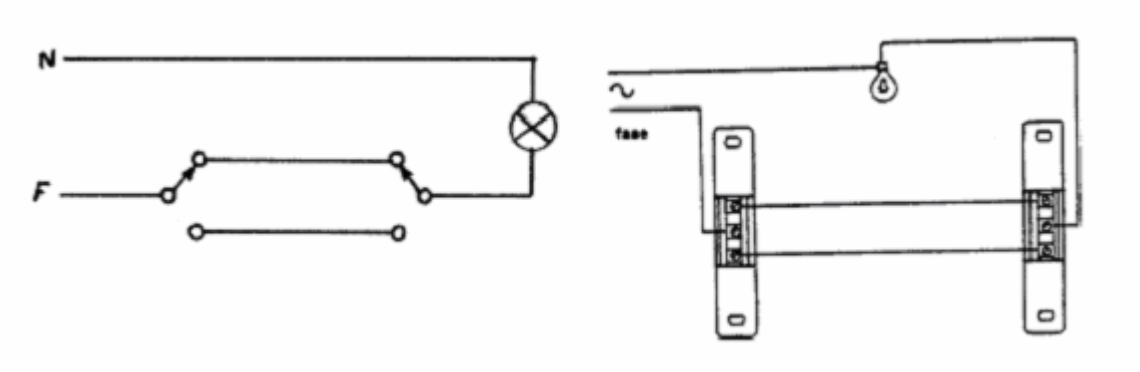


Fig.7 - Diagrama multifilar do interruptor paralelo

1.3.4.1 - Diagrama Unifilar

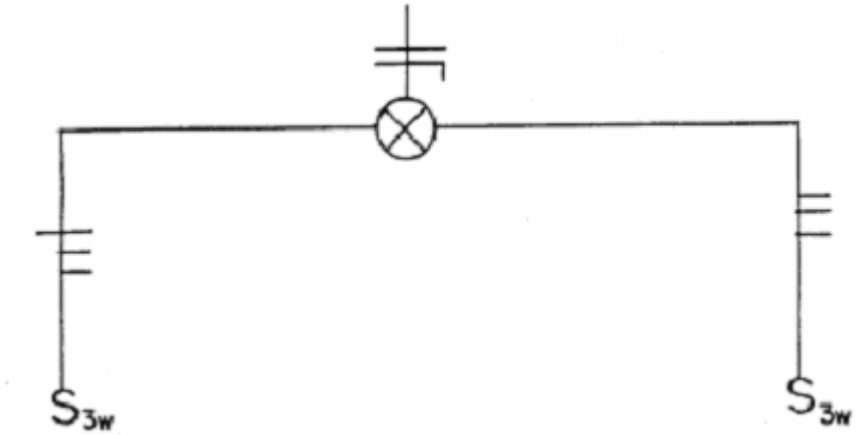


Fig. 8 Diagrama unifilar de lâmpada acionada por interruptor paralelo

1.3.5 - Interruptor Intermediário (Four Way)

O interruptor paralelo é utilizado quando é necessário comandar uma lâmpada ou um conjunto de lâmpadas de três ou mais pontos diferentes. Podem ser usados quantos interruptores paralelos quanto se desejar, entretanto eles devem ser instalados sempre entre dois interruptores intermediários. O interruptor paralelo também é conhecido como interruptor four way, possui quatro terminais, onde são interligados os retornos provenientes dos interruptores paralelos ou intermediários no caso de instalação de mais de um interruptor intermediário. Na figura abaixo temos o diagrama multifilar de um interruptor intermediário.

1.3.5.1 - Diagrama multifilar

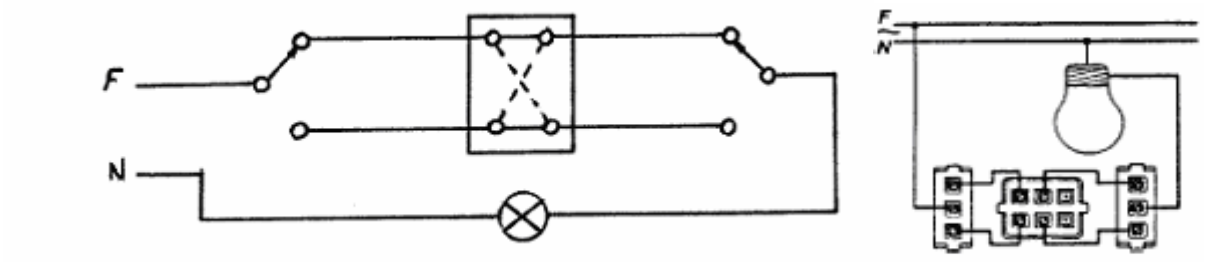


Fig.9 Diagrama Multifilar de um interruptor intermediário

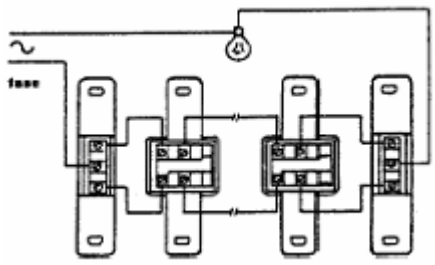


Fig. 10. Diagrama multifilar de dois interruptores intermediários

O interruptor intermediário funciona da seguinte maneira: quando na posição I há contato entre o terminal A e o terminal D e o terminal B com o terminal C mantendo o circuito desligado. Na posição II há o contato entre o terminal A e C e os terminais B e D fazendo com que a lâmpada acenda.

Qualquer mudança em qualquer um dos interruptores paralelos irá trocar o estado da lâmpada assim, se o interruptor estiver desligando o circuito da lâmpada ela poderá ser ligada através de qualquer um dos interruptores paralelos e vice-versa.

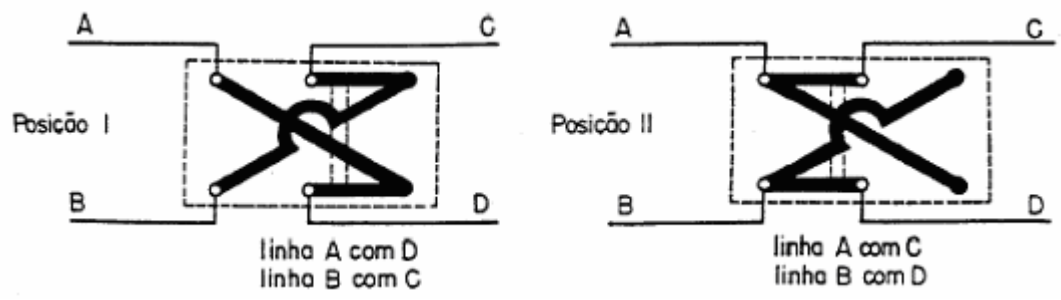


Fig.11- Funcionamento do interruptor paralelo

1.3.5.2 - Diagrama unifilar

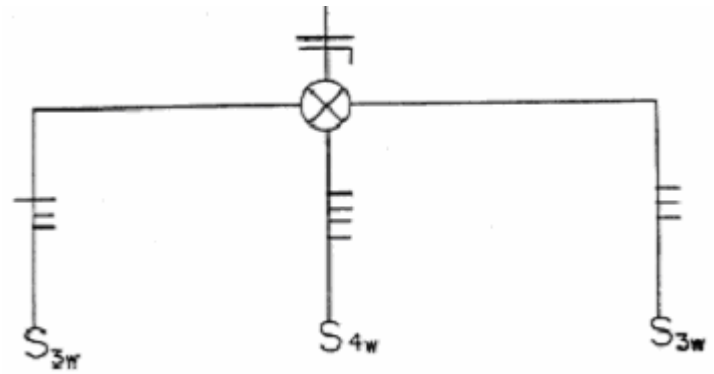


Fig.12 - Diagrama unifilar de uma lâmpada acionada por um interruptor intermediário

Em uma instalação elétrica, é possível ter os seguintes tipos de *equipamentos:*

- Equipamentos relacionados à fonte de energia elétrica da instalação, que são os transformadores, os geradores e as baterias;
- Dispositivos de comando (manobra) e proteção, tais como chaves, seccionadores, disjuntores, fusíveis e relés; equipamentos de utilização, que podem ser classificados em equipamentos não-industriais(aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais), equipamentos industriais (tornos, compressores, prensas, fomos) e aparelhos de iluminação.

Quanto à instalação, os equipamentos em geral podem ser classificados em:

- ***Fixos:*** são projetados para serem instalados permanentemente em um lugar determinado, como, por exemplo, um transformador (em um poste), um disjuntor (em um quadro), um aparelho de ar-condicionado (em parede ou janela);
- ***Estacionários:*** não são movimentados quando em funcionamento, não possuem alça para transporte ou possuem massa tal que não possam ser movimentados facilmente, como, por exemplo, geladeira ou freezer doméstico, lavadora de roupa, microcomputador, disjuntor extraível (de um cubículo de subestação);
- ***Portáteis:*** são equipamentos movimentados quando em funcionamento ou que podem ser facilmente deslocados de um lugar para outro, mesmo quando ligados à fonte de alimentação, como é o caso de certos eletrodomésticos (como enceradeira e aspirador de pó) ou aparelhos de medição, (como multímetros);
- ***Manuais****:* são os portáteis projetados para serem suportados pelas mãos durante utilização normal, como é o caso das ferramentas portáteis (furadeiras, ferro de passar roupas e amperímetro

tipo alicate).

A ***potência instalada*** de uma instalação elétrica, de um setor de uma instalação ou de um conjunto de equipamentos de utilização é a soma das potências nominais dos equipamentos de utilização da instalação, do setor da instalação ou do conjunto de equipamentos. Um equipamento que absorve energia elétrica é um equipamento de utilização, e dependendo da necessidade a potência ativa consumida pode variar desse zero até sua potência nominal.

Para o equipamento de utilização as cargas podem ainda ser caracterizadas como:

- ***C*argas lineares:** constituídas pelos equipamentos elétricos, cuja forma de onda de tensão e corrente de entrada permanecem senoidais em qualquer ponto de operação. É o caso típico de motores de indução usuais, da iluminação incandescente e de cargas de aquecimento.
- **Cargas não-lineares:** constituídas basicamente pelos equipamentos eletrônicos, cujas tensão e corrente elétricas são distorcidas, contendo harmônicas.

A seguir temos uma tabela com a potência típica de alguns aparelhos eletrodomésticos:

Aparelho	Potência (W)	Aparelho	Potência (W)
Aquecedor de água por acumulação:		• 30000 BTU/7500 kcal/h	3350
• 30 e 50 litros	2000	Congelador (Freezer)	300 a 500
• 80 litros	2500	Exaustor doméstico	300
• 110 e 150 litros	3000	Ferro de passar roupa	1000 a 1250
• 200 litros	4000	Fogão residencial	4000 a 12000
• 300 litros	6000	Forno elétrico	900 a 2400
• 500 litros	12000	Forno de microondas	700 a 1500
Aquecedor de Água em passagem	6000	Geladeira doméstica	150 a 400
Aquecedor de ambiente	700 a 1500	Lavadora de louças(residencial)	1200 a 2000
Aspirador de pó	750 a 1100	Lavadora de roupas(residencial)	500 a 1000
Batedeira de Bolo	70 a 300	Liquidificador	100 a 250
Cafeteira	600 a 1200	Máquina de escrever	150
Chuveiro	4000 a 7500	Micro e Impressora	500 a 800
Condicionador de ar:		Mini-forno	650 a 800
• 7500 BTU/1975 kcal/h	1060 a 1195	Secadora de roupa (residencial)	1400 a 6000
• 9000 BTU/2375 kcal/h	925 a 983	Secador de Cabelo portátil	500 a 2000
• 10500 BTU/2625 kcal/h	1300 a 1510	Televisor	70 a 300
• 12500 BTU/3125 kcal/h	1560 a 1700	Torneira elétrica	4000 a 5400
• 15000 BTU/3750 kcal/h	1830	Torradeira	2500 a 3200
• 18000 BTU/4500 kcal/h	1880	Triturador de lixo residencial	300 a 600
• 21000 BTU/5250 kcal/h	2220 a 2290	Ventilador portátil	60 a 100

Tabela 2 Potências típicas de alguns aparelhos eletrodomésticos

As *instalações de baixa tensão* (BT) podem ser alimentadas de várias maneiras:

(a) Diretamente**,** por uma rede de distribuição de energia elétrica de baixa tensão, por meio de um ramal de ligação; é o caso típico de prédios residenciais, comerciais ou industriais de pequeno porte;
(b) A partir de uma rede de distribuição de alta tensão (AT), por meio de uma subestação ou de um transformador exclusivo, de propriedade da concessionária; é o caso típico de instalações residenciais de uso coletivo (apartamentos) e comerciais de grande porte;
(c) A partir de uma rede de distribuição de alta tensão, por meio de uma subestação de propriedade do

consumidor; é o caso típico de prédios industriais e comerciais de médio e grande porte;
(d) Por fonte autônoma, como é o caso de instalações de segurança ou de instalações situadas fora de zonas servidas por concessionárias.

A ***entrada de serviço*** é o conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o quadro de medição ou proteção, inclusive. O **ponto de entrega** é o ponto até onde a concessionária deve fornecer energia elétrica, participando dos investimentos necessários e responsabilizando-se pela execução dos serviços, pela operação e manutenção, não sendo necessariamente o ponto de medição. A **entrada consumidora** é o conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados entre o ponto de entrega e o quadro de proteção e medição, inclusive.

O ***ramal de ligação*** é o conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega.

O ***ramal de entrada*** é o conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de entrega e o quadro de proteção e medição.

A Figura 13 mostra esquematicamente os componentes da entrada de serviço.

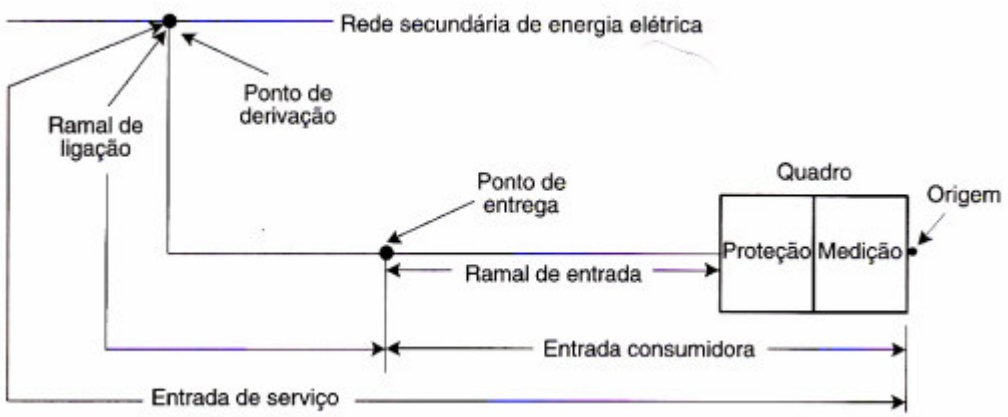


Fig.13- Componentes da entrada de serviço

Assim teremos a distribuição de energia elétrica através da rede publica de baixa tensão representadas na figura abaixo:

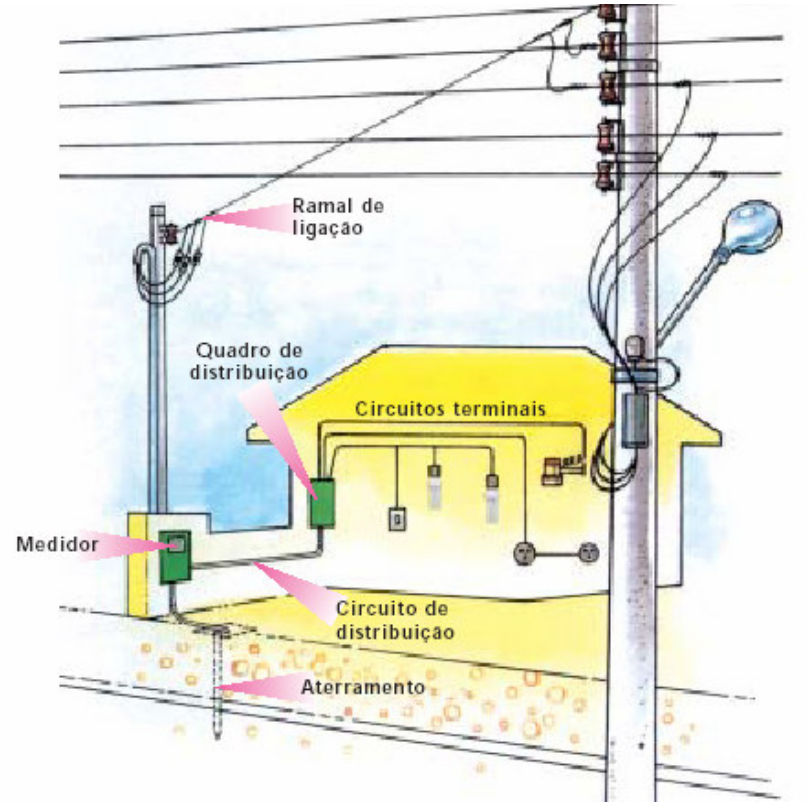


Fig. 14 . Rede pública de distribuição de baixa tensão

Uma ***subestação*** é uma instalação elétrica destinada à manobra, transformação *e/ou* outra forma de conversão de energia elétrica. Quando este termo é empregado sozinho, subentende-se uma subestação de transformação.

Chama-se ***unidade consumidora*** a instalação elétrica pertencente a um único consumidor, recebendo energia em um só ponto, com sua respectiva medição.

A *origem* de uma instalação elétrica para uma unidade consumidora é o ponto de alimentação da instalação, a partir do qual se aplica a NBR 5410. Deve-se observar que:

(a) Quando a instalação é alimentada diretamente por rede pública de baixa tensão, por transformador ou por uma subestação da concessionária, a origem corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção; caso esse dispositivo se encontre antes do medidor de energia, a origem corresponde aos terminais de saída do medidor (ver Figura 1.3);

(b) A origem de uma instalação alimentada a partir de um transformador ou de uma subestação própria corresponde aos terminais de saída do transformador; se a subestação possuir vários transformadores não ligados em paralelo, haverá tantas origens e tantas instalações quantos forem os transformadores;

(c) Em instalações alimentadas por fonte própria (em baixa tensão), a origem é considerada de maneira a incluir a fonte como parte da instalação.

É importante observar que, no caso de edificações de uso coletivo residencial ou comercial com vários consumidores, a cada unidade consumidora (apartamento, conjunto de salas, loja, administração etc.) corresponde uma instalação elétrica cuja origem está localizada nos terminais de saída do respectivo dispositivo geral de comando e proteção ou do medidor, se for o caso.

A ***tensão nominal*** de uma instalação de baixa tensão de uma unidade consumidora é a tensão na

origem da instalação. A tensão de serviço pode, por razões óbvias, ser diferente da tensão nominal; no entanto, em todos os cálculos que envolvem tensão, a nominal é a considerada. A resolução n^0 505 de novembro de 2001 da ANEEL, define a tensão nominal na origem da instalação, bem como a variação permitida.

Um ***circuito de uma instalação elétrica*** é o conjunto de componentes da instalação alimentados a partir da mesma origem e protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção. Em uma instalação há dois tipos de circuitos: os de distribuição e os terminais. **Um *circuito de distribuição*** é o circuito que alimenta um ou mais quadros de distribuição e um ***circuito terminal*** é aquele que está ligado diretamente a equipamentos de utilização ou a tomadas de corrente.

Um ***quadro de distribuição*** é um equipamento elétrico que recebe energia elétrica de uma ou mais alimentação e a distribui a um ou mais circuitos. Pode também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e medição. Um *quadro* (de distribuição) *terminal* é aquele que alimenta exclusivamente circuitos terminais.

Verifica-se, então, que o termo 'quadro de distribuição' é absolutamente geral e inclui desde os simples 'quadros de luz' até os mais complexos CCMs (centros de controle de motores).

Abaixo a figura 15 representa um quadro de distribuição.

Fig.15 - Quadro de distribuição

O quadro de distribuição deve ser instalado de preferência o em locais de fácil acesso, como cozinhas, áreas de serviço, corredores. Também deve ser instalado o mais próximo possível do medidor ou mais próximo dos locais onde haja a maior concentração de cargas.

Abaixo temos um quadro de distribuição bifásico em corte onde pode-se visualizar todos os elementos que o compõem.

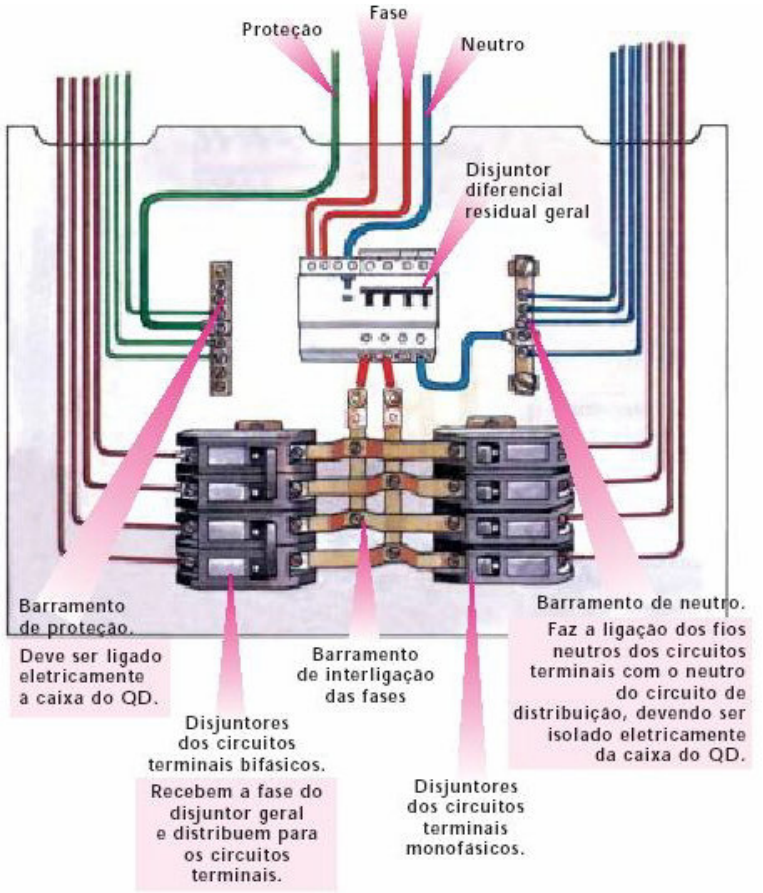

Proteção
Fase
Neutro
Disjuntor diferencial residual geral
Barramento de proteção.
Deve ser ligado eletricamente a caixa do QD.
Barramento de interligação das fases
Disjuntores dos circuitos terminais bifásicos.
Recebem a fase do disjuntor geral e distribuem para os circuitos terminais.
Disjuntores dos circuitos terminais monofásicos.
Barramento de neutro.
Faz a ligação dos fios neutros dos circuitos terminais com o neutro do circuito de distribuição, devendo ser isolado eletricamente da caixa do QD.

Fig. 16. Partes componente de um quadro de distribuição

Uma ***tomada de corrente*** pode ser definida como um dispositivo elétrico com contatos ligados permanentemente a uma fonte de energia elétrica, que alimenta um equipamento de utilização por meio da conexão de um plugue.

Em uma instalação pode-se distinguir as ***tomadas de uso específico***, onde são ligados equipamentos fixos, como por exemplo, aparelhos de ar-condicionado e certos equipamentos estacionários de maior porte, como é o caso de máquinas de xerox, e as ***tomadas de uso geral***, onde são ligados equipamentos móveis, portáteis e estacionários.

Pode-se ainda falar em ***pontos de uso específico***, que geralmente são caixas de ligação, onde são ligados equipamentos fixos (que não utilizam plugues). É o caso da maior parte dos equipamentos industriais e de certos equipamentos eletrodomésticos e eletroprofissionais.

Instalação temporária é uma instalação elétrica prevista para uma duração limitada às circunstâncias que a motivam. São admitidas durante um período de construção, reparos, manutenção, reformas ou demolições, de estruturas ou equipamentos.

.

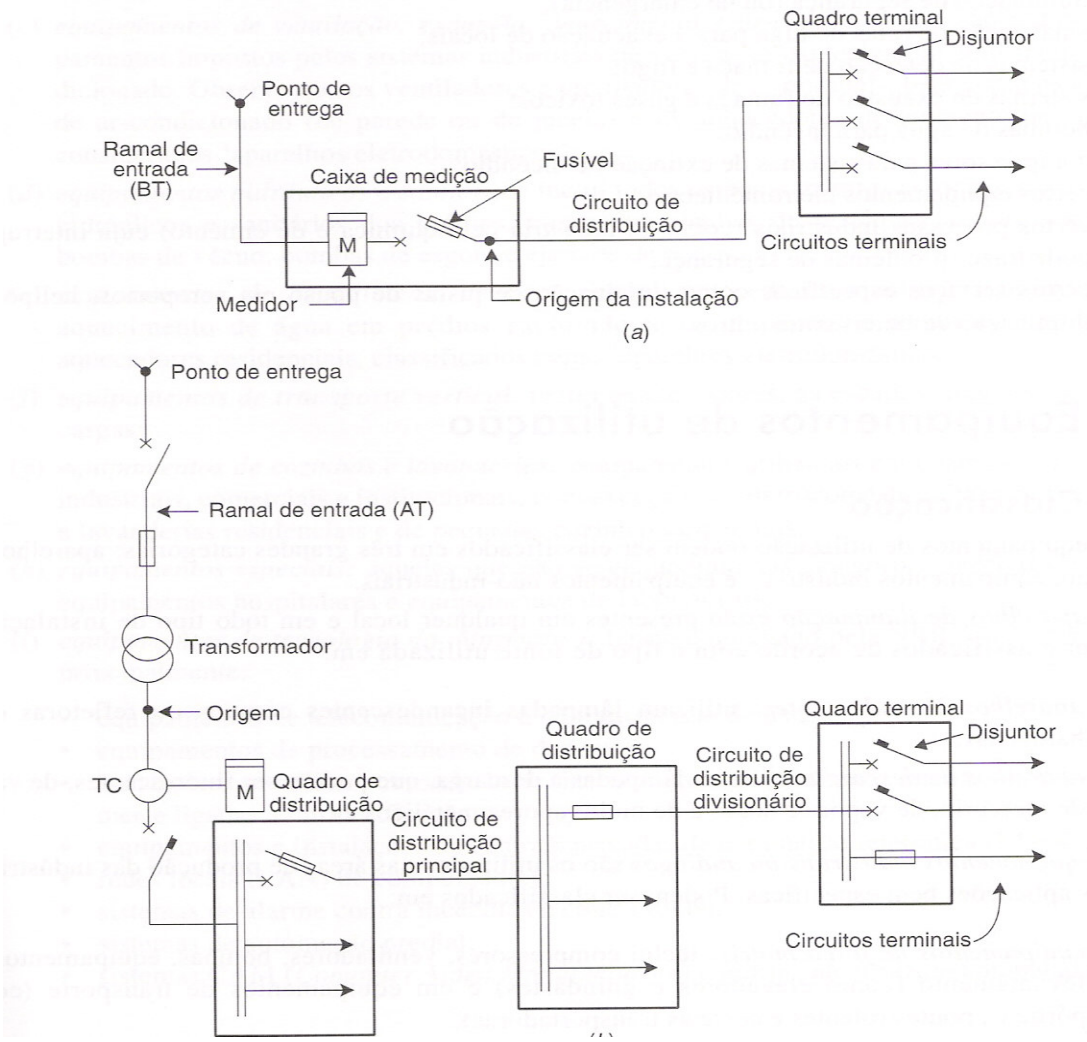


Fig. 17 Representação do sistema de distribuição de energia elétrica

A NBR 5410 considera três tipos de instalações:

Instalação de reparos: substitui uma instalação defeituosa, sendo necessária sempre que ocorrer um acidente que impeça o funcionamento de uma instalação existente ou de um de seus setores;

I*nstalação de trabalho:* permite reparos ou modificações em uma instalação existente, sem interromper seu funcionamento. A instalação de trabalho: permite reparos ou modificações em uma instalação existente, sem interromper o seu funcionamento;

Instalação semipermanente: destinada a atividades não habituais ou que se repetem periodicamente, como é o caso das 'instalações em canteiros de obras', assim consideradas as que se destinam à construção de edificações novas, aos trabalhos de reforma, modificação, ampliação ou demolição de edificações existentes, bem como à construção de obras públicas (como redes de água, gás, telefonia, energia elétrica e obras viárias).

1. 4 - Equipamentos de utilização

Os equipamentos de utilização podem ser classificados em três grandes categorias: aparelhos de iluminação, equipamentos industriais e equipamentos não-industriais.

Os ***aparelhos de iluminação*** estão presentes em qualquer local e em todo tipo de instalação e podem ser classificados de acordo com o tipo de fonte utilizada em:

(a) Aparelhos incandescentes: utilizam lâmpadas incandescentes comuns ou refletoras e as halógenas;

(b) Aparelhos de descarga: utilizam lâmpadas a descarga, que podem ser fluorescentes, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio e de multivapores metálicos etc.

Os ***equipamentos industriais ou análogos*** são os utilizados nas áreas de produção das indústrias e em outras aplicações bem específicas. Podem ser classificados em:

(a) Equipamentos de força motriz: inclui compressores, ventiladores, bombas, equipamentos de levantamento (como elevadores e guindastes) e em equipamentos de transporte (como pórticos, pontes rolantes e correias transportadoras);

(b) Máquinas-ferramentas*:* inclui desde os tornos e fresas até as máquinas operatrizes mais potentes e sofisticadas;

(c) Fornos elétricos: que são os fomos a arco elétrico, a resistência elétrica e de indução;

(d) Caldeiras elétricas: constando das caldeiras a resistência e a eletrodo;

(e) Equipamentos de solda elétrica: de eletrodo ou ponto a ponto

Os ***equipamentos não-industriais*** são utilizados em locais comerciais, institucionais, residenciais etc. e até mesmo em indústrias fora das áreas de produção (em escritórios, depósitos e laboratórios). Podem ser classificados em:

a) Aparelhos eletrodomésticos

(b)Aparelhos eletroprofissionais incluem desde uma simples máquina de escrever até um sofisticado equipamento de processamento de dados;

(c) Equipamentos de ventilação, exaustão, aquecimento e ar-condicionado: são todos os equipamentos impostos pelos sistemas industriais de ventilação, aquecimento ambiental e ar condicionado. Observe que os ventiladores e circuladores de ar portáteis, bem como os aparelhos de ar condicionado (de parede ou de janela) e os aquecedores de ambiente portáteis, são considerados 'aparelhos eletrodomésticos';

(d) E*quipamentos hidráulicos e sanitários:* inclui todos os equipamentos associados aos sistemas hidráulicos e sanitários dos prédios, tais como bombas de recalque, compressores de ar, bombas de vácuo, bombas de esgoto e ejetores de poços;

(e) Equipamentos de aquecimento de água: inclui aquecedores e caldeiras utilizados para aquecimento de água em prédios excluindo-se os chuveiros e torneiras elétricos e os aquecedores residenciais, classificados como 'aparelhos eletrodomésticos';

(j) Equipamentos de transporte vertical: inclui os elevadores, as escadas rolantes e os monta cargas;

(g) Equipamentos de cozinhas e lavanderias: equipamentos utilizados em cozinhas e lavandeiras industriais, comerciais e institucionais, com exceção de 'eletrodomésticos' típicos de cozinhas e lavanderias residenciais e de pequenas cozinhas comerciais;

(h) Equipamentos especiais: aqueles que não se enquadram nas categorias anteriores, tais como equipamentos hospitalares e equipamentos de laboratórios;

(i) E*quipamentos de tecnologia da informática:* termo empregado pela NBR 5410 para designar principalmente:

- Equipamentos de telecomunicação e de transmissão de dados;
- Equipamentos de processamento de dados;
- Instalações que utilizam transmissão de sinais com retorno pela terra, interna ou externamente ligadas a uma edificação;
- Equipamentos e instalações de centrais privadas de comutação telefônica (PABX);
- Redes locais (LAN) de computadores;
- Sistemas de alarme contra incêndios e contra roubo;
- Sistemas de automação predial;
- Sistemas CAM *(Computer Aided Manufacturing)* e outros que utilizam computadores.

2 - Aterramento

Para funcionar adequadamente e com segurança toda instalação elétrica deve possuir um sistema de aterramento adequadamente dimensionado. Assim caracterizamos o aterramento como uma ligação intencional de um equipamento ou linha a terra.
São considerados solos bons condutores aqueles com resistividades entre 50 e 100 Ωm, a tabela abaixo nos mostra valores típicos de resistividade de alguns tipos de solos.

Natureza do solo	Resistividade (Ωm)
Solos alagadiços / pantanosos	5 a 30
Lodo	20 a 100
Húmus	10 a 150
Argila plástica	50
Margas e argilas compactas	100 a 200
Areia argilosa	50 a 500
Areia silicosa	200 a 3.000
Solo pedregoso nu	1.500 a 3.000
Solo pedregoso com relva	300 a 500
Calcáreos moles	100 a 400
Calcáreos compactos	1.000 a 5.000
Calcáreos fissurados	500 a 1.000
Xisto	50 a 300
Micaxisto	800
Granito / arenito	100 a 10.000

Tabela 3 -. Resistividades típicas dos tipos de solo

O sistema de aterramento tem por função ;

- Segurança de atuação da proteção;
- Proteção das instalações contra descargas atmosféricas;
- Proteção do individuo contra contatos indiretos;
- Uniformização do potencial.

Uma das funções mais importantes dos sistemas de aterramento é a proteção contra contatos indiretos. Este tipo de acidente é o mais comum que ocorre em instalações residenciais e industriais, onde ocorre o contato em uma parte metálica que por falta perdeu a sua isolação e faz com que o corpo do individuo fique eletricamente conectado a uma tensão de fase e terra.

O limite de corrente alternada suportáveis pelo corpo humano é na ordem de 25 mA, sendo que entre

15 e 25 mA o individuo já começa a sentir dificuldades de soltar o objeto. Na faixa de 15 e 80 mA ele é acometido de grandes contrações e asfixia. Acima de 80 mA o individuo sofre graves lesões musculares e queimaduras, alem de asfixia imediata. Além deste limite as queimaduras são intensas, havendo asfixia e necrose dos tecidos. A gravidade das lesões irá depender do tempo de exposição a corrente elétrica.

2.1- Elementos De Uma Malha De Aterramento

Os principais elementos de uma malha de aterramento são os seguintes:

Eletrodos de terra: Também chamados de eletrodos verticais, podem ser constituídos dos seguintes elementos:

- Aço galvanizado: Em geral, após um determinado período de tempo, o eletrodo (haste, cantoneira ou cano de ferro) sofre corrosão, aumentando, em conseqüência, a resistência de contato com o solo. Seu uso, portanto, deve ser restrito.
- Aço cobreado: Dada à cobertura da camada de cobre sobre o vergalhão de aço, o eletrodo adquire uma elevada resistência à corrosão, mantendo as suas características originais ao longo do tempo, sendo o tipo de haste mais utilizada conhecida como *cooperweld*.

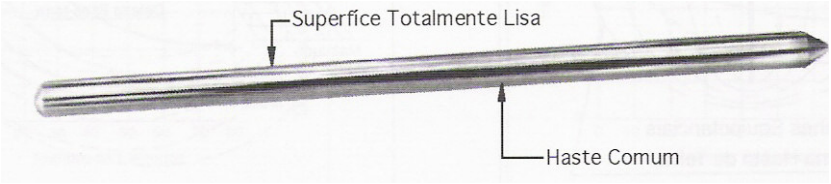


Fig. 18 . Haste de aterramento

Condutor de Aterramento: É o condutor que interliga a malha de aterramento aos pontos e linhas que devem ser aterradas, geralmente é utilizado cabo de cobre sem isolamento(Nu). No caso de solos de características ácidas, pode-se utilizar o condutor de cobre nu de seção não inferior a 16 mm2. Para solos de natureza alcalina, a seção do condutor de cobre não deve ser inferior a 25 mm2. Em subestações industriais aconselha-se, até por motivos mecânicos, a utilização do condutor de aterramento com seção não inferior a 25 mm2.

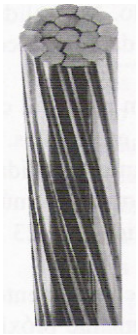


Fig. 19. Condutor de aterramento

Conexões: São elementos metálicos utilizados para conectar os condutores nas emendas ou derivações. Existe uma grande variedade de conectores, porém destacam-se os seguintes;

- Conectores aparafusados: São peças metálicas utilizadas na emenda de condutores. Sempreque possível deve-se evitar a sua utilização em condutores de aterramento devido a sua continuidade não ser perfeita;

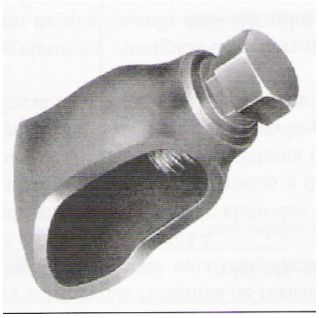


Fig. 20 Conector por aparafusamento

- Conexão exotérmica:É um processo de conexão a quente, no qual se verifica uma fusão entre o elemento metálico de conexão e o condutor. Existem vários tipos de conexão utilizando este processo. A conexão exotérmica é executada no interior de um cadinho; para cada tipo de conexão há um modelo específico de cadinho.

Fig. 21 Cadinho

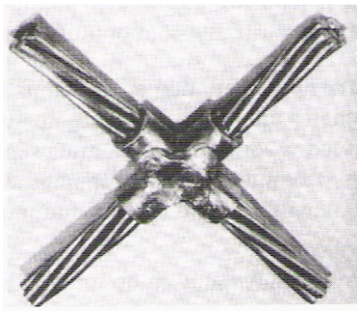


Fig.22. Conexão Exotérmica

- **Condutor de proteção:** É aquele utilizado para a ligação das massas (por exemplo: carcaça dos equipamentos) aos terminais de aterramento parcial e principal. Será ligado à malha de terra através do condutor de aterramento.

2.2 - Esquemas de aterramento

Dentro dos esquemas de aterramento, podemos distinguir duas funções primordiais dois esquemas de aterramento:

- Aterramento de proteção: consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação. Possui como objetivos:

- Limitar o potencial entre massas, entre massas e elementos condutores estranhos à instalação e entre os dois e a terra a um valor seguro sob condições normais e anormais de funcionamento;
- Proporcionar às correntes de falta um caminho de retomo para terra de baixa impedância, de modo que o dispositivo de proteção possa atuar adequadamente.

***Aterramento funcional**:A* ligação à terra de um dos condutores vivos do sistema (em geral, o neutro) - proporciona:

- Definição e estabilização da tensão da instalação em relação a terra durante o funcionamento;
- Limitação de sobretensões devidas a manobras, descargas atmosféricas e contatos acidentais com linhas de tensão mais elevada;
- Retorno da corrente de curto-circuito monofásica ou bifásica à terra ao sistema elétrico.

De acordo com a NBR 5410, as instalações de baixa tensão estar contidas, quando considerados aterramentos funcional e de proteção, a três *esquemas de aterramento* básicos, classificados em função do aterramento da fonte de alimentação da instalação (transformador, no caso mais comum, ou gerador) e das massas, e designados por uma simbologia que utiliza duas letras fundamentais:

- 1ª letra: indica a situação da alimentação em relação a terra:
  · T: um ponto diretamente aterrado;
  · I: nenhum ponto aterrado ou aterramento através de impedância razoável.
- 2ª letra: indica as características do aterramento das massas:
  · T: massas diretamente aterradas independentemente do eventual aterramento da alimentação;
  · N: massas sem um aterramento próprio no local, mas que utilizam o aterramento da fonte de alimentação por meio de um condutor separado (PE) ou condutor neutro (PEN);
  · I: massas isoladas, ou seja, não aterradas.
- Outras letras: especificam a forma do aterramento da massa, utilizando o aterramento da fonte de alimentação:
  · S: separado, isto é, o aterramento da massa é feito por um condutor (PE) diferente do condutor neutro;
  · C: comum, isto é, o aterramento da massa do equipamento elétrico é feito com o próprio condutor neutro (PEN).

Pela NBR 5410 são considerados três tipos de aterramento TT, TN e IT, que estão descritos a seguir:

2.2.1 - Esquema TT

No esquema TT o ponto de alimentação(geralmente o secundário do transformador) com seu condutor neutro esta diretamente aterrado e as massas da instalação estão ligadas a um ou mais eletrodos de aterramento independentes do eletrodo de aterramento da alimentação. Na figura abaixo temos a representação deste esquema.

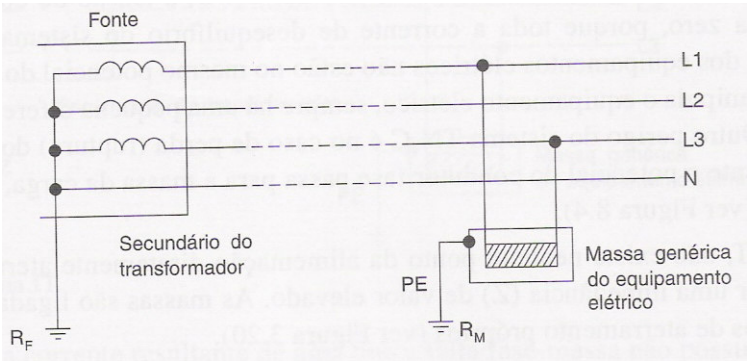


Fig. 23 Esquema de aterramento TT

De acordo com a figura, RF é a resistência do aterramento da fonte de alimentação e RM é a resistência do aterramento da massa do equipamento elétrico.
Trata-se de um esquema em que o percurso de uma corrente proveniente de uma falta fase-massa (ocorrida em

um componente ou em um equipamento de utilização da instalação) inclui a terra e que a elevada impedância (resistência) desse percurso limite o valor da corrente de curto-circuito. Nesse caso, a corrente de curto-circuito é praticamente dada pela Expressão:

$$I_{Curto\text{-}Circuito} = U_{FN}/(RM + RF)$$

No esquema TT, a corrente de curto-circuito, depende da qualidade do aterramento da fonte e da massa. Se o aterramento não for bom, a proteção pode não atuar ou demorar muito para atuar, colocando em risco a segurança humana.

As correntes de falta direta fase-massa são de intensidade inferior à de uma corrente de curto-circuito fase-neutro. Este tipo de aterramento é recomendado quando a fonte de alimentação e a carga estiverem distantes uma da outra.

2.2.2 - Esquema TN

No esquema TN o ponto de alimentação(geralmente o neutro) é diretamente aterrado e as massas dos equipamentos são ligadas diretamente a este ponto por um condutor. O esquema será do tipo TN – S quando as funções de neutro e proteção forem feitas por condutores distintos (N e PE), como mostra a figura abaixo:

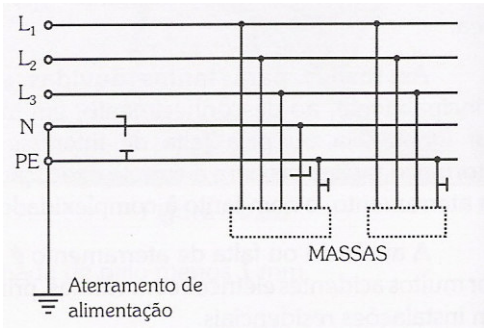


Fig. 24 Esquema de Aterramento TN-S

No esquema TNC as funções do neutro e proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação, como mostra a figura abaixo.

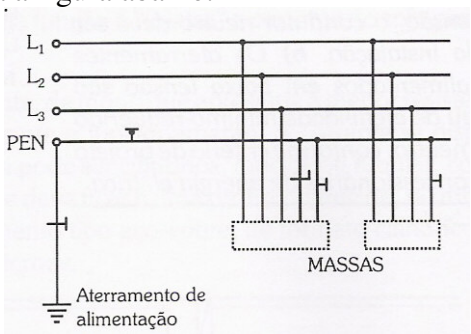


Fig. 25 Esquema de Aterramento TN-C

Ainda existe o esquemaTN –C- S: onde as funções de neutro e proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação como mostra a figura abaixo.

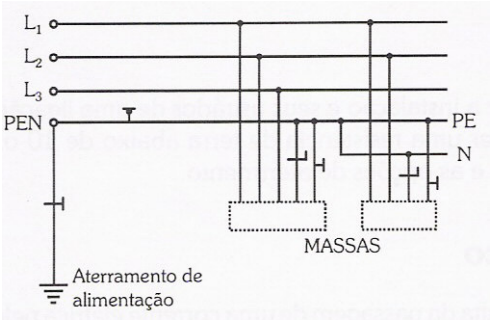


Fig. 26 - Esquema TN-C-S

O esquema TN é projetado de forma que o percurso de uma corrente de falta fase-massa seja constituído por elementos condutores e, portanto, possua baixa impedância e alta corrente de curto-circuito. Uma corrente de falta direta fase-massa será equivalente a uma corrente de curto-circuito fase-neutro.

A corrente de curto-circuito, no sistema TN, não depende do valor do aterramento da fonte (RF), pois esta interligada na massa do equipamento, mas somente das impedâncias dos condutores pelas quais o sistema é constituído. O sistema TN é utilizado quando à distância da fonte de alimentação e da carga não é muito grande. É aconselhável sempre o uso do esquema TN-S, porque na operação do sistema todo o condutor PE está sempre com tensão zero, isto é, no mesmo potencial do aterramento da fonte. No sistema TN-C, a tensão do condutor neutro junto à carga não é igual a zero, porque toda a corrente de desequilíbrio do sistema retoma pelo neutro. Portanto, as massas dos equipamentos elétricos não estão no mesmo potencial do aterramento da fonte. No operador que manipula o equipamento elétrico, sempre há uma pequena diferença de potencial entre a sua mão e o pé. Outro perigo do sistema TN-C é no caso de perda (ruptura) do condutor neutro (N), onde instantaneamente o potencial do condutor fase pode passar para a massa da carga, havendo grande possibilidade de choque por contato indireto.

2.2.3 - Esquema IT

No esquema IT não existe nenhum ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo ela isolada da terra ou aterrada por uma elevada impedância(Z) e as massas são aterradas diretamente por eletrodos, como mostra a figura abaixo:

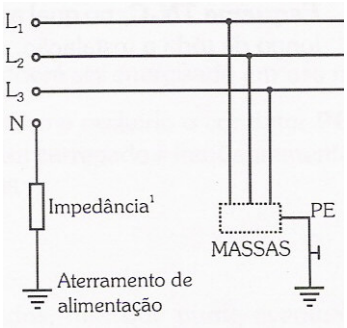


Fig. 27 Esquema de aterramento IT

No esquema IT a corrente resultante de uma falta fase-massa não possui geralmente, intensidade suficiente para fazer a proteção atuar, entretanto pode representar risco as pessoas de choque por contato indireto para as pessoas que tocarem na massa energizada, devido às capacitâncias da linha em relação a terra, principalmente se forem considerados alimentadores longos. A proteção deverá atuar em uma falta de fase-massa em duas fases distintas.

Em alguns casos aplicasse o esquema IT onde a impedância da alimentação(Z) é constituída de uma reatância projetada para uma corrente de curto-circuito que para a primeira falta fase-massa seja limitada a um pequeno valor, sendo que esta correntes sinaliza esta primeira falta sem desligar o sistema.

2.3 - Aplicação dos dispositivos DR

Baseado na norma NBR 5410 de acordo com o tipo de aterramento usaremos dispositivo de proteção contra sobrecorrente ou dispositivo a corrente diferencial residual.

Esquema TN-C: Deve ser utilizado um dispositivo a sobrecorrente devido à existência do condutor de proteção estar interligado ao condutor neutro(PEN), pois neste tipo de ligação fica inviável a aplicação do distpositivo DR;

Esquema TT: Deve utilizar dispositivos de proteção diferencial residual

Esquema IT : Deve-se utilizar dispositivos de proteção diferencial residual quando as massas são aterradas individualmente, ou em grupos, e quando todas as massas são aterradas, dispositivos DR ou de sobrecorrente.

Independente do esquema de aterramento a apartir de 1997, é obrigatória a instalação de dispositivos DR nos seguintes casos:

- Circuitos em locais que sirvam a pontos de banheira ou chuveiro, exceto aparelhos de iluminação a uma altura maior ou igual a 2,50 m;
- Circuitos que alimentem tomadas de corrente em áreas externas a edificação;
- Circuitos em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- Circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas-cozinhas, áreas de serviço, garagens e no geral, todo local molhado em uso normal ou sujeito à lavagem, exceto refrigeradores e congeladores e tomadas de corrente que não fiquem diretamente acessíveis.

2.4 - Considerações finais acerca dos dispositivos DR

Pode-se relacionar, com base na citada experiência, que a maioria dos disparos dos dispositivos DR, devem-se a:

- Uso de equipamentos com elevado nível de corrente de fuga (por exemplo, chuveiros elétricos metálicos com resistência nua);
- Faltas em aparelhos eletrodomésticos e em aparelhos de iluminação;
- Umidade em eletrodutos (ou calhas) metálicos, sendo essa umidade geralmente resultante de inundações, de lavagem de pisos ou de condensações;
- Introdução de agulhas, clipes ou objetos análogos em tomadas de corrente;
- Falhas de isolamentos de condutores, provenientes de problemas na instalação (puxamento de condutores isolados em eletrodutos metálicos com rebarbas ou com estreitamento de seção em curvas);

- Contato direto de uma pessoa com um condutor 'desencapado' de um cabo flexível de alimentação de um equipamento de utilização (aparelho eletrodoméstico ou de iluminação móvel ou portátil).

O emprego de dispositivos DR é um bom diagnóstico para detectar instalações mal executadas ou em mau estado de conservação. A corrente diferencial-residual funciona como um elemento de controle do nível de isolamento de uma instalação ou de um setor de uma instalação e, conseqüentemente, da segurança e do conforto das pessoas. Nessas condições, o dispositivo DR, principalmente o de alta sensibilidade, é um vigilante da boa qualidade de uma instalação elétrica, permitindo manter a instalação em bom estado. Por outro lado, ao limitar as correntes de fuga a valores aceitáveis, o dispositivo evita o desperdício, contribuindo para a conservação da energia elétrica.

Por último, é importante observar que os dispositivos DR podem ser utilizados na *proteção contra incêndios.* Pois uma corrente de falta fase-massa elevada (da ordem de algumas centenas de miliamperes) pode provocar aquecimentos indesejáveis em seu percurso, que muitas vezes, devido a circunstâncias locais, é imprevisível. Tais aquecimentos, quando ocorrem em ambientes que armazenem ou processem materiais combustíveis, podem significar o início de um incêndio.

3 - Dimensionamento dos Condutores Utilizados na Instalação

A norma NBR 5410 – Instalações elétricas de Baixa Tensão- Procedimentos fornece as medidas necessárias para que a ênfase com relação à segurança e proteção tenha sempre como objetivo evitar sobrecargas, curto circuitos, entre outros problemas decorrentes a erros inerentes de cabeamento e projeto.

Em se tratando de dimensionamento de condutores e de sua proteção contra correntes de sobrecarga e curto circuito em instalações elétricas de baixa tensão devemos considerar o problema térmico como o fator preponderante. Assim o condutor deve limitar a corrente, tanto a de regime permanente quanto a transitória, de tal modo que os condutores não atinjam por efeito Joule, temperaturas que possam afetar a sua integridade física, comprometendo a sua isolação.Sendo os danos que a isolação pode sofrer não dependem exclusivamente da temperatura, mas principalmente de quanto tempo o condutor for exposto a esta temperatura.

3.1 - Condutor Elétrico

É assim chamado todo material que possui a propriedade de conduzir ou transportar a energia elétrica, ou ainda, transmitir sinais elétricos.

3.2- Material

Os materiais utilizados na fabricação de condutores de corrente elétrica são classificados em dois grandes
grupos:

a) Materiais de elevada resistividade

b) Materiais de elevada condutividade

Os materiais de elevada resistividade destinam-se às seguintes aplicações:

Transformação de energia elétrica em térmica

Exemplos:

- Fornos elétricos;
- Chuveiros elétricos;
- Aquecedores;
- Ferros elétricos;
- Soldadores elétricos, etc.

Transformação de energia elétrica em energia luminosa

Exemplos:

· Filamentos para iluminação em geral (tungstênio)

Criar nos circuitos certas condições destinadas a provocar quedas de tensão

Exemplos:

· resistores, reostatos.

Quanto aos materiais de elevada condutividade destinam-se a todas as aplicações em que a corrente elétrica deve circular com as menores perdas possíveis, como por exemplo:

- Ligações de aparelhos, equipamentos e dispositivos;
- Transformação da energia elétrica em outra forma de energia.Exemplo: bobinas eletromagnéticas.

Dentre os materiais condutores e elevada condutividade e que possuem maior diversidade de utilização na eletrotécnica e eletrônica são os seguintes: **cobre chumbo, bronze, alumínio, platina, latão, prata e mercúrio.**

3.3 - Isolação

Trata-se de um conjunto de materiais isolantes aplicados sobre o condutor, cuja finalidade é isolá-lo eletricamente do ambiente que o circunda, como por exemplo, de outros condutores e a terra e contra contatos acidentais. Serve também para proteger o condutor contra ações mecânicas, como no caso da enfiação nos eletrodutos. Não se deve confundir isolação com isolamento.

Isolação define o aspecto qualitativo, como por exemplo: lsolação de PVC, Polivinil Antiflam, Polietileno, etc.

Os materiais utilizados como isolação devem possuir também, além de alta resistividade, alta rigidez dielétrica, principalmente para tensões superiores a 1 kV.

São vários os materiais empregados na isolação dos condutores, os quais são mostrados na tabela 1.

ISOLANTES SÓLIDOS (Extrudados)	**TERMOPLÁSTICOS**	- Cloreto de Polivinila (PVC). - Polietileno (PE ou PET). - Polipropileno. - Polivinil Antiflam.
	TERMOFIXOS (Vulcanizados)	- Polietileno reticulado (XLPE). - Borracha etileno - propileno (EPR). - Borracha de Silicone.
ESTRATIFICADOS	- Papel impregnado com massa. - Papel impregnado com óleo fluído sob pressão.	
OUTROS MATERIAIS	- Fibra de vidro.	
	- Verniz	

Tabela 4 - Materiais empregados na isolação de condutores (fios e cabos).

Os isolantes termoplásticos perdem rigidez mecânica com o aumento de temperatura, enquanto os isolantes termofixos mantêm rigidez mecânica com o aumento de temperatura .

Isolamento se refere ao aspecto quantitativo, ou seja, condutor com tensão de isolamento para 750 V, 1 kV, resistência de isolamento de 12 MΩ, 5 MΩ, etc.

A isolação dos fios e cabos é sempre feita para uma determinada "Classe de isolamento", relacionada com a espessura da isolação e com as características da instalação.

Isolação	**Isolamento**
Refere-se à qualidade e Espécie (tipo)	É quantitativo
lsolação de: PVC, EPR, etc.	Tensão de isolamento. Resistência de isolamento.

Tabela 5 – Comparativo entre Isolação e isolamento

A tensão de isolamento é indicada por dois valores V_0/V; "Vo" refere-se à tensão fase - terra e "V" à tensão fase - fase. A tabela 6 mostra os valores normalizados de tensão nominais.

Tipo	**Tensão (Vo/V)**	
Condutores para Baixa Tensão	300/300 300/500 450/750 0,6/ 1 kV	
Condutores para Média Tensão	1,8/ 3,0 kV 3,6/ 6,0 kV 6,0/10,0 kV 8,7/15,0 kV	12,0/20,0 kV 15,0/25,0 kV 20,0/35,0 kV

Tabela 6. Valores normalizados de tensões nominais

A tabela abaixo apresenta as características quanto à variação de temperatura dos diversos materiais utilizados na isolação dos condutores para instalações elétricas.

Em instalações elétricas prediais de um modo geral, são utilizados condutores (fios e cabos) com isolação de PVC, tipo BWF (resistentes à chama), conforme as normas brasileiras NBR 6148, NBR 6245 e NBR 6812.

Tipo de Material	Temperatura de operação em regime contínuo (^{0}C)	Temperatura de sobrecarga (^{0}C)	Temperatura de Curto – Circuito (^{0}C)
PE PoIietileno	70	90	150
PVC Cloreto de Polivinila	70	100	160
XLPE PoIietileno reticulado	90	130	250
EPR Borracha etileno-propileno	90	130	250

Tabela 7 - Temperaturas características dos condutores, considerando temperatura ambiente 30°C *(TABELA* 30 *- NBR 5410/97).*

A isolação do condutor pode conter uma ou mais camadas dos materiais isolantes acima citados. Quando o condutor possui duas ou mais camadas, a camada externa é chamada de *cobertura,* destinada especialmente para suportar a resistência à abrasão .

Seção Nominal

Os condutores (fios e cabos) são caracterizados pela seção nominal, referente à grandeza do condutor respectivo. No entanto, a seção nominal não corresponde a um valor estritamente geométrico (área da seção transversal do condutor) e, sim, a um valor determinado por uma medida de resistência, denominada "Seção Elétrica Efetiva".

As seções nominais são dadas em milímetros quadrados (mm2), de acordo com uma série definida pela IEC (International Electrotechnical Comission) e internacionalmente aceita, conforme tabela 8.

0,5	**16**	**185**
0,75	**25**	**240**
1	**35**	**300**
1,5	**50**	**400**
2,5	**70**	**500**
4	**95**	**630**
6	**120**	**800**
10	**150**	**1000**

Tabela 8 - Seções Métricas IEC (Seções nominais em mm2)

3.4 - Comparação entre condutores de Cobre e de alumínio

O cobre e o alumínio são os materiais condutores mais utilizados na fabricação dos condutores elétricos. Apresenta-se a seguir alguns aspectos comparativos entre esses dois metais:

Condutividade: o alumínio apresenta uma condutividade de cerca de 60% da do cobre. Assim, para uma dada capacidade de condução de corrente é necessário usar um condutor de alumínio com seção nominal de 1,67 vezes maior que a seção do condutor de cobre;

Densidade: a densidade do alumínio é de 2,7 *glcm3* e a do cobre de 8,89 *glcm3.* Por ser mais leve, o alumínio é mais fácil de ser transportado e suspenso. A relação entre as densidades e as condutividades mostra que 1 kg de alumínio realiza o mesmo' trabalho elétrico' que cerca de 2 kg de cobre. Em função do preço dos dois metais, o uso de condutores de alumínio pode, a princípio, gerar uma economia apreciável;

Oxidação: quando exposta ao ar, a superfície do alumínio fica recoberta por uma camada invisível de óxido, de características altamente isolantes e de difícil remoção. Nas conexões com alumínio, um bom contato só será conseguido com a ruptura dessa camada. Com efeito, a principal finalidade dos conectores utilizados, de pressão e aparafusados, é a de romper o filme de óxido. Uma vez removida a camada inicial costuma-se, durante a preparação de uma conexão, usar compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido. O cobre com relação a esse aspecto é superior ao alumínio;_

Escoamento: por ser mais mole que o cobre, o alumínio escoa com pequenas pressões. Por esse motivo, os conectores usados em condutores de alumínio devem ter as superfícies de contato grandes o suficiente para distribuir as tensões e evitar danos no local do condutor a ser comprimido. Por outro lado, é indispensável o reaperto periódico dos conectores, afrouxados pelo escoamento, para evitar a formação de óxido, que eleva a resistência elétrica da conexão, provocando o seu aquecimento. Para o condutor de alumínio as conexões devem atender as normas NBR 9513, NBR 9313 e a NBR 9326;

3.5 - Tipos e Aplicações dos Condutores Elétricos

Devido à grande diversidade de utilização, os CONDUTORES ELÉTRICOS são fabricados em diversos tipos, cuja finalidade é atender com eficiência às mais variadas aplicações.

E dependendo da tensão de utilização, servem para:

- Baixa tensão (BT);
- Média tensão (MT);
- Alta tensão (AT).

Abordaremos, os condutores para baixa tensão, por serem mais utilizado em instalações elétricas prediais.

3.5.1 - Condutores para Baixa Tensão

A maioria dos condutores utilizados em instalações elétricas é fabricada para esta modalidade de tensão, e podem ser:

· Condutores para uso geral;

· Condutores para uso específico.

- ***Condutores para uso geral***

Os condutores para uso geral são os que possuem maior diversidade de aplicações em instalações elétricas. São utilizados em circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica em edifícios residenciais, comerciais e industriais, subestações transformadoras, em instalações fixas, etc.

- ***Condutores para uso específico***

São condutores cujas características de construção são totalmente diversas, necessárias para atribuir a estes condutores as características especiais exigidas pelas condições de uso.

Exemplos desses condutores são:

- Comando, controle e sinalização;
- Instrumentação;
- Motores;
- Locomotivas;
- Circuitos de segurança (resistentes a fogo);
- Informática.
- Uso móvel
- Solda;
- Elevadores;
- Veículos;

3.6 - Seções Mínimas dos Condutores Elétricos

A NBR 5410/97 estabelece os seguintes critérios com relação às seções mínimas para os condutores fase, neutro e condutor de proteção (PE).

3.6.1- Seção mínima dos Condutores Fase

As seções dos condutores fase, em circuitos CA, e dos condutores vivos, em circuitos CC, não devem ser inferiores aos valores dados na tabela abaixo:

Tipo de Instalação		Utilização do Circuito	Seção mínima condutor (mm2)	Material
Instalações Fixas em Geral	**Cabos isolados**	Circuitos de iluminação	*1,5*	*Cobre*
			16	Alumínio
		Circuitos de força	*2,5*	*Cobre*
			16	Alumínio
		Circuitos de sinalização e Circuitos de controle	*0,5*	*Cobre*
	Condutores nus	Circuitos de força	*10*	*Cobre*
			16	Alumínio
		Circuitos de sinalização e Circuitos de controle	*4*	*Cobre*
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	*0,75*	*Cobre*
		Para qualquer outra aplicação	*0,75*	*Cobre*
		Para em equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	

Tabela 9 - Seções Mínimas dos Condutores (Tabela 43 da NBR 5410/97)

3.6.2-Seção do Condutor Neutro

O condutor neutro, se existir, deve possuir a mesma seção que o(s) condutor(es) fase nos seguintes casos:

a) Circuitos monofásicos a 2 e 3 condutores e bifásicos a 3 condutores, qualquer que seja a seção;

b) Circuitos trifásicos, quando a seção dos condutores fase for inferior ou igual a 25 mm2, em cobre ou alumínio;

c) Circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicos, qualquer que seja a seção.

A Tabela 10 (Tabela 44 da NBR 5410/97) define, para os circuitos trifásicos, as seções mínimas do condutor neutro, as quais podem ser inferiores às dos condutores fase, sem serem inferiores aos valores indicados na Tabela 44, em função da seção dos condutores fase, quando as duas condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

a) A soma das potências absorvidas pelos equipamentos de utilização alimentados entre cada fase e o neutro não seja superior a 10% da potência total transportada pelo circuito;

b) A máxima corrente susceptível de percorrer o condutor neutro, em serviço normal, incluindo harmônicos, seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores fase (mm2)	**Seção mínima do Condutor neutro (mm2)**	**Seção mínima do condutor de proteção (mm2)**
1,5 a 16	a mesma seção do condutor fase	a mesma seção do condutor fase
25	25	16
35	25	16
50	25	25
70	35	35
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

Tabela 10 - Seção mínima do condutor neutro e proteção

3.6 - Roteiro para Dimensionamento dos Condutores Elétricos

O dimensionamento do condutor é um procedimento para verificar qual a "seção" mais adequada que seja capaz de permitir a passagem da corrente elétrica, sem aquecimento excessivo e que a queda de tensão seja mantida dentro dos valores (limites) normalizados. Além disso, os condutores devem satisfazer as seguintes condições:

a) Limite de Temperatura, em função da Capacidade de Condução de Corrente;

b) Limite de Queda de Tensão;

c) Capacidade dos Dispositivos de Proteção contra Sobrecarga;

d) Capacidade de Condução de Corrente de Curto-Circuito por tempo limitado.

Os condutores devem ser dimensionados pelos seguintes critérios de:

- Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade);
- Limite de Queda de Tensão.

Em seguida, quando do dimensionamento dos dispositivos de proteção, verifica-se a capacidade dos condutores em relação às sobrecargas e curtos-circuitos.

3.6.1 - Critério da Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade)

O condutor, ao ser submetido a uma ddp (diferença de potencial), faz surgir em suas extremidades uma corrente elétrica. Essa corrente, ao passar pelo condutor, produz uma determinada quantidade de calor, que segundo a Lei de Joule, tende a elevar a temperatura do condutor, cuja dissipação térmica depende da natureza dos constituintes e do meio (maneira de instalar o condutor) . Todo cuidado deve ser tomado para se evitar que o calor eleve a temperatura a níveis que possam danificar o condutor, a isolação e outras partes próximas.

A norma NBR 5410/97 indica, através das tabelas de Capacidade de Condução de Corrente e submetidas aos fatores de correção eventuais(fator de correção de temperatura e fator de correção de agrupamento) " a corrente máxima admissível para cada tipo, seção e maneira de instalar, para que o condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal a temperatura máxima para serviço contínuo, não ultrapasse os valores de temperatura especificados para cada tipo de cabo.

3.6.1.1- Maneira de Instalar

Em uma instalação elétrica precisa-se primeiramente definir de que maneira os condutores serão instalados, pois ela exerce influencia no que ser refere à capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente, e em conseqüência na capacidade de condução de corrente elétrica dos mesmos.

Deve-se utilizar a tabela 28- NBR 5410- Tipos de linhas elétricas, onde tem-se os seguintes métodos de referencia de instalação:

Métodos de Referencia:

A1 - Condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
A2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
Bl - Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
B2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
C - Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
D - Cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
E - Cabo multipolar ao ar livre;
F - Cabos unipolares justapostos(na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
G - Cabos unipolares espaçados ao ar livre.

- O revestimento interno da parede possui condutância térmica de no mínimo 10 W/m2.K.
- A distância entre o eletroduto e a parede deve ser inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto.
- A distância entre o cabo e a superfície deve ser inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do cabo.
- A distância entre o cabo e a parede ou teto deve ser igualou superior a 0,3 vez o diâmetro externo do cabo.
- Deve-se atentar para o fato de que quando os cabos estão instalados na vertical e a ventilação é restrita, a temperatura ambiente no topo do trecho vertical pode aumentar consideravelmente.
- Os forros falsos e os pisos elevados são considerados espaços de construção. 8) Os cabos devem ser providos de armação.

3.6.1.2 - Corrente Nominal ou Corrente de Projeto (Ip)

É a corrente que os condutores de um circuito de distribuição ou circuito terminal devem suportar, levando-se em consideração as suas características nominais.

Dependendo do tipo de circuito, poderá ser utilizada uma das equações a seguir:

Circuitos Monofásicos F + N; F + F, 2F+ N	**Resistivos (Lâmpadas incandescentes Resistências)**	**I = Pn/V**
	Indutivos (Reatores e motores)	**$I = Pn/V.cos\theta.\eta$**

Circuitos Trifásicos	**Equilibrados (3F)**	**Ip=Pn/(1,73.cosθ.η)**
	Desequilibrados (3F + N)	**Ip=Pn/(3.cosθ.η)**

Tabela 11 – Equações para cálculo de corrente

Onde:

Ip - Corrente de Projeto do circuito, em amperes, (A)

Pn - Potência elétrica nominal do circuito, em watts (W)

V - Tensão elétrica em volts (V)

η - Rendimento

Cos φ - Fator de Potência (coseno do ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente)

3.6.1.3- Número de Condutores Carregados

Entende-se por **condutor carregado** aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento normal do circuito. Os **condutores fase e neutro** são, neste caso, considerados como condutores carregados. O condutor de proteção equipotencial (PE) não é considerado como condutor carregado.

- **Circuito Trifásico sem Neutro:** 3 F = 3 condutores carregados (3 c.c.);

Ex.: Circuitos terminais para banco de capacitores, motores trifásicos, etc.

- **Circuito Trifásico com Neutro:** 3 F + N = 4 condutores carregados (4 c.c.);

Ex.: Alimentadores gerais de quadros trifásicos.

- **Circuitos Bifásicos:**

a) 2 F + N = 3 condutores carregados (3 c.c.)

Ex.: Alimentadores gerais de quadros bifásicos.

b) F + F = 2 condutores carregados (2 c.c.)

Ex.: Circuitos terminais de aparelhos de ar condicionado, chuveiros elétricos, ligados entre F-F = 220 V, onde a tensão fornecida pela concessionária entre F-N é 127 V.

- **Circuito Monofásico:**

a) F + N = 2 condutores carregados (2 c.c.)

Ex.: Circuitos terminais monofásicos F-N (Iluminação, tomadas, etc.)

b) 3 condutores carregados (3 c.c.)

3.6.2 - Aplicação de Fatores de Correção para o Dimensionamento de Condutores

Para o dimensionamento correto de condutores é necessário efetuar utilizar fatores de correção para adequar aos casos específicos relativos as condições de instalação destes condutores relacionados com as tabelas de capacidade de condução de corrente.

São dois os fatores de correção que devem ser aplicados para o cálculo da corrente de projeto:

3.6.2.1- Fator de Correção de Temperatura(FCT)

Caso a temperatura ambiente seja diferente de 30^0C para condutores não enterrados e 20^0 C(temperatura do solo) para condutores enterrados, deve-se aplicar os fatores de correção de temperatura da tabela.

Temperatura °C	Isolação			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		do Solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1,00	1,00
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1,00	1,00	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

Tabela 12- Fatores de Correção de temperatura-FCT Tabela 35 da NBR 5410

3.6.2.2- Fator de Correção de Agrupamento(FCA)

O fator de correção de agrupamento deve ser utilizado quando existirem vários circuitos em um mesmo eletroduto, calha, entre outras formas de instalação. Abaixo temos a tabela relativa a utilização do fator de agrupamento de condutores elétricos.

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados.	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	10.9 a 10.12 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira (1).	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nenhum fator de redução adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			10.9 e 10.10 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada (1)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				10.11 e 10.12 (métodos E e F)
5	Camada unida em leito, suporte (1)	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	078				

Tabela 13 – Fator de correção de agrupamento

3.6.3- Corrente Corrigida

É o valor da corrente elétrica de projeto do condutor mediante a aplicação dos fatores de correção sendo dada pela formula abaixo:

I´p= Ip/(FCT.FCA)

Onde:

I´p = Corrente de projeto corrigida ;

Ip = Corrente de projeto;

FCT= Fator de correção de Temperatura;

FCA=Fator de correção de Agrupamento de circuitos.

Após calculada a Corrente corrigida deve-se aplicar o valor de corrente obtido na tabela de capacidade de condução de corrente, representada abaixo:

Seções nominais (mm²)	Métodos de instalação definidos na tabela 10.8											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1.5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Tabela 14 – Capacidade de condução de corrente

3.6.4 - Critério do Limite de Queda de Tensão

O valor da tensão padrão não é o mesmo, considerando desde o ponto de tomada de energia até o ponto mais afastado. O que ocorre é uma queda de tensão provocada pela passagem da corrente elétrica em todos os elementos do circuito (interruptores, condutores, etc.). Essa queda de tensão não deve ser superior aos limites máximos estabelecidos pela norma NBR 5410/97, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização conectados aos circuitos terminais.

A queda de tensão em uma instalação elétrica, desde a origem até o ponto mais afastado de utilização de qualquer circuito terminal, não deve ser superior aos valores da Tabela 10.19, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação. A tensão abaixo do valor nominal devido a queda de tensão produz avarias nos equipamentos, podendo levar a sua queima, portanto é fundamental levar em consideração a máxima os limites de queda de tensão como mostra a figura abaixo.

	Iluminação	**Outros usos**
A- Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão;	**4%**	**4%**
B- Instalações alimentadas diretamente por subestação de transforma ou transformador, a partir de urna instalação de alta tensão;	**7%**	**7%**
C. Instalações que possuam fonte própria.	**7%**	**7%**

A NBR 5410 estabelece como limite máximo de queda de tensão 7% , entretanto algumas concessionárias, estabelecem critérios mais rígidos com0 a Copel(5,5%).

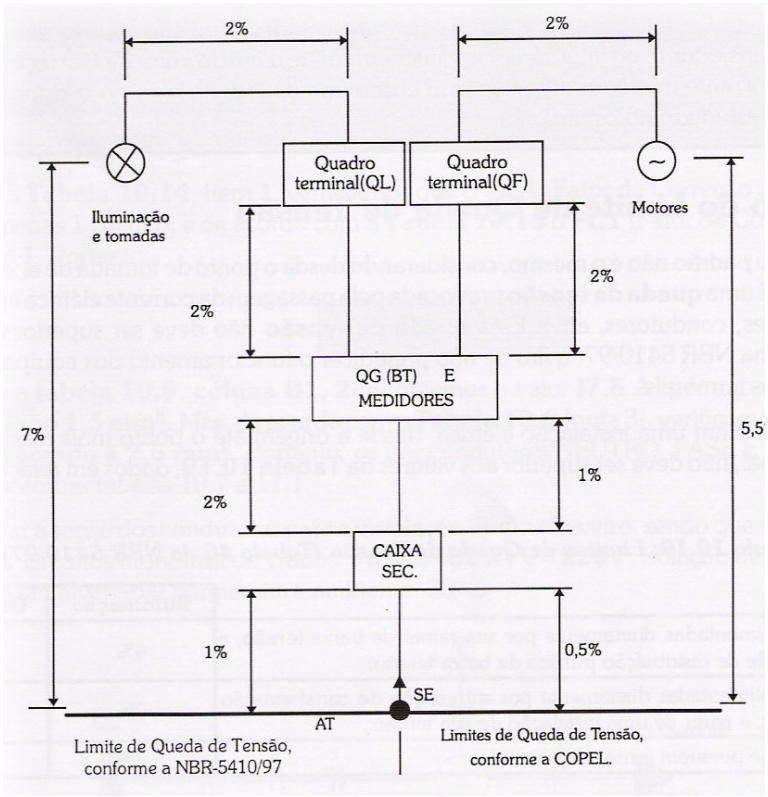


Figura 3.1 – Limites de queda de tensão

Assim para dimensionaremos o condutor pela queda de tensão através da seguinte formula:

$\Delta V_{unit} = e(\%).V/(Ip.l)$

Onde:

ΔV_{unit} = Queda de tensão unitária;

e(%).= Queda de tensão admissível;

V = Tensão do circuito;

Ip = Corrente de projeto;

L= Comprimento do Circuito em Km.

Também devemos levar em consideração as seguintes características do circuito:

- Tipo de instalação do condutor;
- Método de instalação;
- Tipo de eletroduto;
- Tipo do circuito(monofásico ou trifásico);

Assim obteremos o valor da queda de tensão unitária do circuito, e de posse deste valor devemos entrar na tabela de queda de tensão para condutores.

Seção Nominal mm²	Eletroduto e calha (5) (mat. magnético)		Eletroduto e calha (5) (mat. não magnético)				Instalação ao ar livre (3)																	
							Cabos Sintenax, Voltenax e Voltalene																	
	Pirastic Super Pirastic - Flex Super		Pirastic Super Pirastic - Flex Super				Cabos Unipolares (4)														C. Uni/Bipolar		C. Tri Tetrapolar	
	Circ. Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico		Circuito Monofásico S D						Circuito Trifásico S S D						Circuito Trifásico (2)		Circuito Monofásico (2)		Circuito Trifásico	
							S=10 cm		S = 20 cm		S = 2D		S=10 cm		S = 20 cm		S = 2D							
	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95	FP= 0,80	FP= 0,95
1,5	23	27.4	23.3	27.6	20.2	23.9	23.6	27.8	23.7	27.8	23.4	27.6	20.5	24.0	20.5	24.1	20.3	24.0	20.2	23.9	23.3	27.6	20.2	23.9
2,5	14	16.8	14.3	16.9	12.4	14.7	14.6	17.1	14.7	17.1	14.4	17.0	12.7	14.8	12.7	14.8	12.5	14.7	12.4	14.7	14.3	16.9	12.4	14.7
4	9.0	10.5	8.96	10.6	7.79	9.15	9.3	10.7	9.3	10.7	9.1	10.6	8.0	9.3	8.1	9.3	7.9	9.2	7.8	9.2	9.0	10.6	7.8	9.1
6	5.87	7.00	6.03	7.07	5.25	6.14	6.3	7.2	6.4	7.2	6.1	7.1	5.5	6.3	5.5	6.3	5.3	6.2	5.2	6.1	6.0	7.1	5.2	6.1
10	3.54	4.20	3.63	4.23	3.17	3.67	3.9	4.4	3.9	4.4	3.7	4.3	3.4	3.8	3.4	3.8	3.2	3.7	3.2	3.7	3.6	4.2	3.1	3.7
16	2.27	2.70	2.32	2.68	2.03	2.33	2.6	2.8	2.6	2.8	2.4	2.7	2.2	2.4	2.3	2.5	2.1	2.4	2.0	2.3	2.3	2.7	2.0	2.3
25	1.50	1.72	1.51	1.71	1.33	1.49	1.73	1.83	1.80	1.86	1.59	1.76	1.52	1.59	1.57	1.62	1.40	1.53	1.32	1.49	1.50	1.71	1.31	1.48
35	1.12	1.25	1.12	1.25	0.98	1.09	1.33	1.36	1.39	1.39	1.20	1.29	1.17	1.19	1.22	1.22	1.06	1.13	0.98	1.09	1.12	1.25	0.97	1.08
50	0.86	0.95	0.85	0.94	0.76	0.82	1.05	1.04	1.11	1.07	0.93	0.97	0.93	0.91	0.96	0.94	0.82	0.85	0.75	0.82	0.85	0.93	0.74	0.81
70	0.64	0.67	0.62	0.67	0.55	0.59	0.81	0.76	0.87	0.80	0.70	0.71	0.72	0.67	0.77	0.70	0.63	0.62	0.55	0.59	0.62	0.67	0.54	0.58
95	0.50	0.51	0.48	0.50	0.43	0.44	0.65	0.59	0.71	0.62	0.56	0.54	0.58	0.52	0.64	0.55	0.50	0.47	0.43	0.44	0.48	0.50	0.42	0.43
120	0.42	0.42	0.40	0.41	0.36	0.36	0.57	0.49	0.63	0.52	0.48	0.44	0.51	0.43	0.56	0.46	0.43	0.39	0.36	0.36	0.40	0.41	0.35	0.35
150	0.37	0.35	0.35	0.34	0.31	0.30	0.50	0.42	0.56	0.45	0.42	0.38	0.45	0.37	0.51	0.40	0.38	0.34	0.31	0.30	0.35	0.34	0.30	0.30
185	0.32	0.30	0.30	0.29	0.27	0.25	0.44	0.36	0.51	0.39	0.37	0.32	0.40	0.32	0.46	0.35	0.34	0.29	0.27	0.25	0.30	0.29	0.26	0.25
240	0.29	0.25	0.26	0.24	0.23	0.21	0.39	0.30	0.45	0.33	0.33	0.27	0.35	0.27	0.41	0.30	0.30	0.24	0.23	0.21	0.26	0.24	0.22	0.20
300	0.27	0.22	0.23	0.20	0.21	0.18	0.35	0.26	0.41	0.29	0.30	0.23	0.32	0.23	0.37	0.26	0.28	0.21	0.21	0.18	0.23	0.20	0.20	0.18
400	0.24	0.20	0.21	0.17	0.19	0.15	0.32	0.22	0.37	0.26	0.27	0.21	0.29	0.20	0.34	0.23	0.25	0.19	0.19	0.15	-	-	-	-
500	0.23	0.19	0.19	0.16	0.17	0.14	0.28	0.20	0.34	0.23	0.25	0.18	0.26	0.18	0.32	0.21	0.24	0.17	0.17	0.14	-	-	-	-
630	0.22	0.17	0.18	0.13	0.16	0.12	0.26	0.17	0.32	0.21	0.24	0.16	0.24	0.16	0.29	0.19	0.22	0.15	0.16	0.12	-	-	-	-
800	0.21	0.16	0.17	0.12	0.15	0.11	0.23	0.15	0.29	0.18	0.22	0.15	0.22	0.14	0.27	0.17	0.21	0.14	0.15	0.11	-	-	-	-
1000	0.21	0.16	0.16	0.11	0.14	0.10	0.21	0.14	0.27	0.17	0.21	0.14	0.20	0.13	0.25	0.16	0.20	0.13	0.14	0.10	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Tabela 15 – Queda de tensão nos condutores

Obs.: Com o valor obtido da fórmula acima devemos escolher a seção do condutor cujo valor de queda de tensão seja igual ou imediatamente inferior à que foi calculado.

3.6.4.1- Método Simplificado para Dimensionamento de condutores pelo Limite da Queda de Tensão

Existe um método simplificado para cálculo do condutor onde levamos em conta o somatório das potências em função das distancias das cargas, com mostra a formula abaixo:

∑(P(w).l(m)).

Onde é feito a multiplicação da potência pela distancia de cada carga e efetuado o somatório das mesmas sendo obtido a soma dos produtos das potencias x distancias e obtida a bitola do condutor através da seguinte tabela:

Condutor série métrica (mm²) S	% de queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	Σ (P(watts) x ℓ (m))			
1,5	5 263	10 526	15789	21052
2,5	8 773	17 546	26319	35092
4	14 036	28 072	42108	56144
6	21 054	42 108	63162	84216
10	35 090	70 100	105270	140360
16	56 144	112 288	168432	224576
25	87 725	175 450	263175	350900
35	122 815	245 630	368445	491260
50	175 450	350 900	526350	701800
70	245 630	491 260	736890	982520
95	333 355	666 710	1 000065	1 333420
120	421 080	842 160	1 263240	1 604320
150	526 350	1 052 700	1 579050	2 105400
185	649 165	1 298 330	1 947495	2 596660
240	842 160	1 684 320	2 526480	3 368640
300	1 052 700	2 105 400	3 158100	4 210800
400	1 403 600	2 807 200	4 210800	5 614400
500	1 754 500	3 509 000	5 263500	7 018000

Tabela 10.23: Soma dos Produtos potências(watts) x distâncias(m), V = 220 volts (V).

Condutor série métrica (mm²) S	% de queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	Σ (P(watts) x ℓ (m))			
1,5	21 054	42 108	63 163	84 216
2,5	35 090	70 180	105 270	140 360
4	56 144	112 288	168 432	224 576
6	84 216	168 432	253 648	336 864
10	140 360	280 720	421 080	561 440
16	224 576	449 152	673 728	898 304
25	350 900	701 800	1 052 700	1 403 600
35	491 260	982 520	1 473 780	1 965 040
50	701 800	1 403 600	2 105 400	2 807 200
70	982 520	1 965 040	2 947 560	3 930 080
95	1 333 420	2 666 840	4 000 260	5 333 680
120	1 684 320	3 368 640	5 052 960	6 737 280
150	2 105 400	4 210 800	6 316 200	8 421 600
185	2 596 660	5 193 320	7 789 980	10 360 640
240	3 368 640	6 737 280	10 105 920	13 474 560
300	4 210 800	8 421 600	12 632 400	16 843 200
400	5 614 400	11 228 800	16 843 200	22 457 600
500	7 018 000	14 036 000	21 054 000	28 072 000

Tabela 17 - Método simplificado para calculo de queda de tensão

3.6.4.2 - Método pela Queda de Tensão Trecho a Trecho

No método de dimensionamento de condutores pela queda de tensão trecho a trecho levamos em conta as cargas ponto a ponto, assim poderemos no final do circuito reduzirmos a bitola do condutor, reduzindo assim o custo da instalação:

$\Delta V_{(trecho)}(\%) = Ip \times \Delta V_{unit} \times d \times 100/(Vn)$

Onde:

$\Delta V(trecho)(\%)$ = Queda de tensão em percentual(%);

Ip = Corrente de Projeto;

ΔV_{unit} = Queda de tensão unitária em V/A.Km (obtida na tabela de queda de tensão);

D= Distancia em Km;

Vn = Tensão nominal

4 - Dispositivos de Manobra e Proteção

O disjuntor é o dispositivo mais utilizado para manobra e proteção de circuitos elétricos residenciais, pois garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e de curto-circuito. É um equipamento de comando e de proteção de circuitos de baixa tensão, cuja finalidade é conduzir a corrente de carga sob condições nominais e interromper correntes anormais de sobrecarga e de curto-circuito

O tipo *quick-lag* é largamente utilizado para estas finalidades e possui um dispositivo de proteção térmica, responsável pela proteção contra sobrecargas e um disparador magnético, responsável pela proteção de curto circuito.

Proteção Sobrecarga

Quando a corrente elétrica aumenta o disjuntor desliga o circuito num tempo estabelecido por norma. Este tempo tem uma característica inversa, ou seja, quanto maior a corrente mais rápido ele irá atuar pois ele que funciona de acordo com o principio do bimetal, no qual duas laminas de metal com diferentes coeficientes de dilatação estão sobrepostas, assim com a passagem de corrente elas aquecem e uma de suas faces dilata mais do que a outra, devido aos metais serem diferentes, causando uma deflexão no conjunto e por conseqüência desligando o circuito na ocorrência de uma sobrecarga.

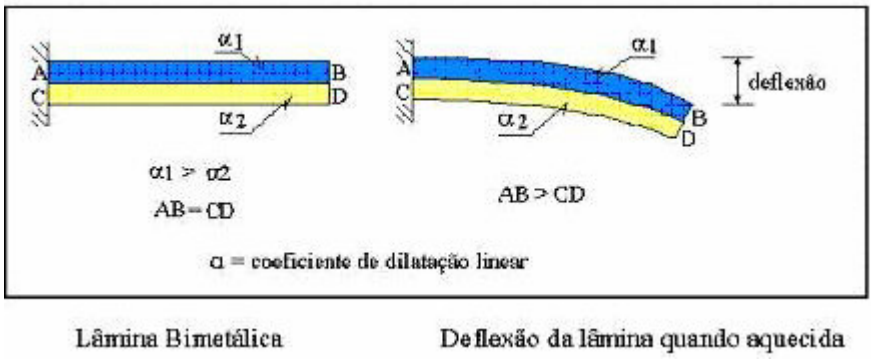


Figura 4.1- Proteção contra sobrecarga

Proteção de Curto Circuito

Quando a corrente no condutor atinge valores muito elevados(10 vezes ou mais a sua corrente nominal). A corrente elevada gera um campo magnético no eletroímã instalado dentro do disjuntor, fazendo-o desligar instantaneamente. Assim um curto-circuito a proteção irá atuar por meio de um disparador magnético na faixa de milésimos de segundo.

Características dos Disjuntores

- Número de Pólos

- Monopolares ou unipolares;
- Bipolares;
- Tripolares.

Disjuntores de Baixa Tensão (até 1000V)

Disjuntores abertos: Possuem todas as partes ou componentes montados em uma estrutrura geralmente metálica aberta. Geralmente são tripolares com corrente nominal acima de 200 A com acionamento motorizado ou manual, podendo ter os seguintes acessórios:

- Disparadores de sobrecorrente eletromagnéticos, instantâneos ou com retardo definido para proteção contra sobrecargas e curto-circuitos;
- Disparadores térmicos de sobrecarga;
- Disparadores de subtensao.

Os disjuntores abertos são utilizados para proteção e manobra de circuitos de distribuição principais e para proteção de entradas de energia, transformadores, etc. Sendo montados em subestações, quadros de distribuição de grande porte. Neste tipo de disjuntor em caso de avaria pode ser trocado somente o componente defeituoso.

Disjuntores em caixa moldada; São montados em uma caixa de material isolante que sustenta e protege os seus componentes. Estes disjuntores são de construção compacta, podendo ser unipolares, bipolares ou tripolares, geralmente com acionamento manual. São geralmente utlizados para manobra e proteção de circuitos de distribuição e terminais de pequena e media potência. Nas instalações elétricas prediais os mais utilizados são os disjuntores termomagnéticos em caixa moldada devido as suas características de praticidade e robustez sendo facilmente alocados em centros de distribuição(CD´s) e quadros de luz(QL´s).São disjuntores descartáveis por se qualquer de um de seus componentes apresentar defeito, deve ser trocado inteiro.

Quanto ao tipo de operação

- **Disjuntores Termomagnéticos:** São aqueles que possuem disparadores térmicos de sobrecarga e eletromagnéticos de sobrecorrente;
- **Disjuntores somente térmicos:** Somente possuem disparadores térmicos, protegendo somente contra sobrecargas;
- **Disjuntores somente magnéticos:** Semelhantes aos termomagnéticos na aparência. Entretanto possuem somente um disparador eletromagnético, protegendo somente contra curto circuitos;
- **Disjuntores limitadores de corrente:** Limitam o valor e a duração das correntes de curto-circuito, reduzindo substancialmente os esforços térmicos e eletrodinâmicos nos componentes do circuito.

Observação: Alguns disjuntores possuem o seu elemento térmico principal atuando sobre um outro elemento térmico compensador que neutralizam o efeito da elevação de temperatura do ambiente em que o disjuntor esta

operando, fazendo assim com que a temperatura exterior não tenha efeito na curva de atuação do disjuntor.

4.2 - Dispositivos de proteção Diferencial Residual(DR)

Os dispositivos a corrente diferencial-residual, abreviadamente dispositivos DR, para a proteção de pessoas contra choques elétricos. São considerados um meio ativo de proteção contra contatos diretos e, na grande maioria dos casos, o meio mais adequado para proteção contra contatos indiretos. Alem de fornecer proteção contra incêndios e também atuarem quando existem problemas na qualidade da instalação.

O dispositivo DR tem seu principio de funcionamento baseado detecção da a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um circuito em um determinado ponto do circuito, isto é, a corrente diferencial-residual (IDR) no ponto considerado, provoca a interrupção do circuito quando IDR ultrapassa um valor preestabelecido, chamado de *corrente diferencial-residual nominal de atuação*

Em um circuito normal a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores, mesmo que este circuito seja desequilibrado é igual a zero(Lei de kirchhoff). O que nos resulta em uma corrente diferencial residual nula. Em aplicações praticas sempre há uma pequena parcela de fuga, sendo estas correntes de fuga que o dispositivo DR é sensível. Assim analisar o dispositivo de acordo com as correntes que nele circulam assim teremos:

- **Sem Fuga => $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$ Idr = 0**

- **Com Fuga => $I_1 + I_2 + I_3 + \mathbf{I_4} \neq 0$ Idr $\neq$ 0**

O dispositivo DR para detectar a corrente diferencial residual deve receber todos os condutores do circuito(fase e neutro).

Os dispositivos DR podem também ser classificados quanto a sua sensibilidade, assim quanto maior o valor da corrente diferencial residual nominal de atuação menor a sensibilidade. Assim podemos classificar os dispositivos DR em duas categorias:

Alta sensibilidade: Corrente residual diferencial de atuação nominal do dispositivo($I_{\Delta n}$) $\leq$ 30 mA, fornecem proteção contra contatos diretos e contra contatos indiretos;
Baixa sensibilidade: Corrente residual diferencial de atuação nominal do dispositivo($I_{\Delta n}$) > 30 mA, fornecem proteção somente contra contatos diretos ;

Quanto as funções que podem desempenhar os dispositivos DR dividem-se em:

Interruptores DR: São utilizados para proteção de choques elétricos por contato direto e indireto, possuem baixa capacidade de interrupção e para uma proteção contra sobrecargas e curto-circuitos eficaz, devem ser acoplados a um disjuntor;
Disjuntores DR: São utilizados para proteção de choques elétricos por contato direto e indireto, possuem alta capacidade de interrupção e também fornecem uma proteção contra sobrecargas e curto-circuitos ;

4.2.1- Partes constituintes do dispositivo DR

- Um *transformador* com núcleo laminado de material com alta permeabilidade, com tantas bobinas primárias quantos forem os pólos do dispositivo e com uma bobina secundária destinada a detectar a corrente diferencial-residual; os condutores vivos são ligados às bobinas primárias;
- Um *relé polarizado* (disparador diferencial) constituído por um núcleo, um ímã permanente, uma bobina ligada à bobina secundária do transformador e uma peça móvel fixada de um lado por uma mola e ligada mecanicamente aos contatos do dispositivo; na condição de repouso a peça móvel está na posição fechada, encostada no núcleo e tracionando a mola;
- Um *circuito de prova* contendo uma resistência e um botão (de prova), destinado a simular uma falta, provocando a abertura dos contatos;
- *Circuito comutador de sensibilidade(eventualmente* constituído por uma bobina enrolada no núcleo do transformador e por um comutador (de sensibilidade), destinado a alterar a corrente diferencial-residual nominal de atuação do dispositivo.

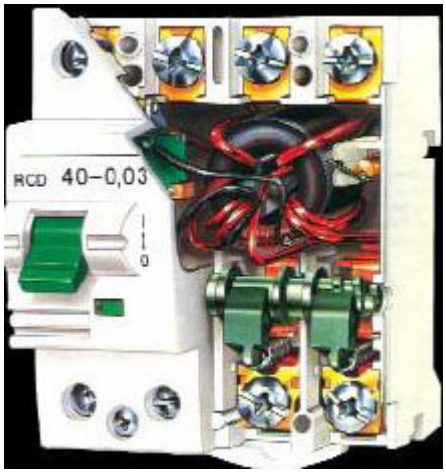


Figura 4.2 - Dispositivo DR Tetrapolar em corte

4.2.2 - Funcionamento do Dispositivo DR

Quando as correntes que circulam no dispositivo DR forem iguais nos condutores vivos do circuito, as forças magnetomotrizes das bobinas primárias se anulam e não existe fluxo no núcleo do transformador; então na bobina secundária não é gerada nenhuma força eletromotriz.

Quando o fluxo resultante no núcleo do transformador for diferente de zero, isto é, quando existir uma corrente diferencial-residual, é gerada uma força eletromotriz na bobina secundária e uma corrente percorrerá a bobina do núcleo do relé polarizado. Quando a corrente diferencial-residual for igual ou superior à corrente diferencial-residual nominal de atuação do dispositivo, será gerada uma força eletromotriz na bobina secundaria e uma corrente percorrerá a bobina do núcleo do disparador. Quando I_{dr} for maior que $I_{\Delta n}$ o fluxo criado no núcleo do disparador pela corrente proveniente da bobina secundaria do transformador provocará a desmagnetização do núcleo abrindo o contato da parte móvel e abrindo os contatos principais do dispositivo. Na figura abaixo a representação de um dispositivo DR. Assim quando houver uma descarga elétrica em uma pessoa(choque) haverá um desequilíbrio na corrente formando uma corrente residual, fazendo com que a proteção atue da mesma maneira quando há uma falta para a terra.

I

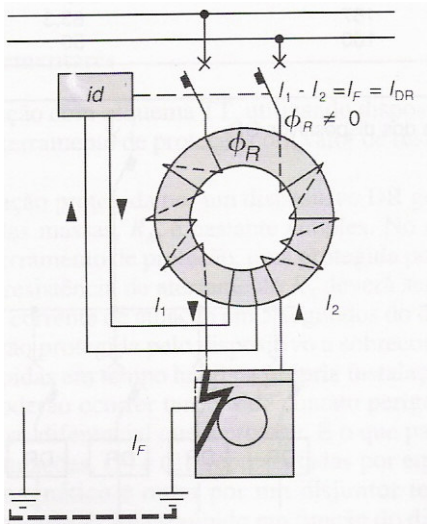


Figura 4.3 - Atuação do dispositivo DR

4.2.3 - Simbologia Empregada no Dispositivos DR

Na parte frontal dos dispositivos estão gravados algumas informações na forma de símbolos que descrevem as características dos dispositivos, a seguir vamos descrever as características do disjuntor DR representado abaixo.

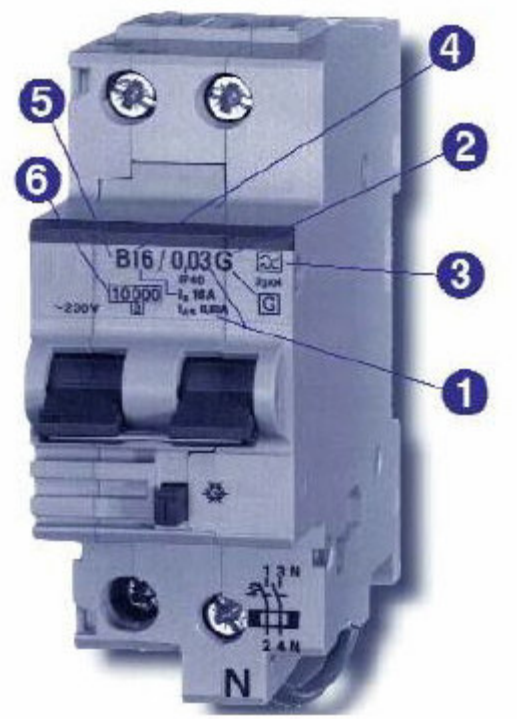


Figura 4.4 - Dispositivo DR

Os símbolos representados abaixo são todos extraídos da norma IEC tendo o seguinte significado:

- 1- Sensibilidade de 30 mA;
- 2 – Dispositivo tipo G, ou seja dispositivo de uso geral, sem retardo de atuação
- 3 – Sensível a corrente CA e CC, pode detectar todas as formas de corrente;;
- 4 – Sua corrente nominal de operação é de 16ª
- 5 – Curva de disparo por curto-circuito tipo B(faixa de disparo entre 3 e 5 x In);
- 6 – Capacidade de interrupção de 10 KA

4.3 - Dimensionamento dos Disjuntores

Os disjuntores devem ser dimensionados de acordo com a NBR 5410 que estabelece uma coordenação entre os condutores do circuito e dispositivo que os protege contra correntes de sobrecarga e curto-circuitos.

De acordo com a NBR 5410 devem ser previstas proteções para interromper a corrente de sobrecarga nos condutores evitando aquecimento prejudicial a isolação dos condutores e protegendo os circuitos terminais.

Assim devemos satisfazer as seguintes condições;

- Ip ≤ In;

- In ≤ Iz;

- I_2 ≤ 1,45.Iz.

Onde:

Ip = Corrente de projeto do circuito;

In = Corrente nominal do dispositivo de proteção nas condições de instalação(I do disjuntor);

Iz = Capacidade de condução de corrente dos condutores, submetidos aos fatores de correção;

Ic = Capacidade de condução de corrente dos condutores, conforme tabela de condução de corrente;

I_2 = Corrente de atuação dos disjuntores.

Assim podemos resumir as condições por meio das seguintes considerações:

- A corrente nominal do dispositivo de proteção, In, não deve ser inferior a corrente de projeto do circuito Ip, evitando a atuação do disjuntor no funcionamento normal do circuito;

- A corrente nominal do circuito de proteção, In, não deve ser superior à capacidade de condução de corrente, Iz, dos condutores;

- A corrente de projeto, Ip, não deve ser superior a capacidade de condução de corrente dos condutores Iz;

Tipo de disparador térmico	Corrente nominal ou de ajuste In (A)	Corrente convencional de não atuação	Corrente convencional de atuação	Tempo convencional(h)	Temperatura ambiente de referência
De acordo com a IEC 947					
Não compensado	In ≤ 63 In > 63	1,05 1,05	1,35 1,25	1 2	20°C ou 40°C salvo indicação em contrário
Compensado	In ≤ 63	1,05 1,05 1,00	1,30 1,40 1,30	1 1 1	+20°C - 5°C +40°C
	In > 63	1,05 1,05 1,00	1,25 1,35 1,25	2 2 2	+20°C - 5°C +40°C
De acordo com a NBR 5361					
	In ≤ 50 In > 50	1,05 1,05	1,35 1,35	1 2	25°C

Tabela18. Correntes convencionais de atuação (I_2)

Temperatura ambiente (°C)	20		30		40		50	
	Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar	Unipolar	Multipolar
Correntes nominais In (A)	10		9,5	9,6	9,0	9,2	8,5	8,8
	15		14,3	14,4	13,5	13,8	12,8	13,2
	20		19,0	19,2	18,0	18,4	17,0	17,6
	25		23,8	24,0	22,5	23,0	21,3	22,0
	30		28,5	28,8	27,0	27,6	25,5	26,4
	35		33,3	33,6	31,5	32,2	29,8	30,8
	40		38,0	38,4	36,0	36,8	34,0	35,2
	50		47,5	48,0	45,0	46,0	42,5	44,0
	60		57,0	57,6	54,0	55,2	51,0	52,8
	77	74,9	73,5	72,8	70		67,2	67,9
	-	96,3	-	93,6	90		-	87,3
	-	107	-	104,0	100		-	97,0

Tabela 19 - Correntes Nominais de disjuntores termomagnéticos em função da temperatura ambiente

5- Instalação de Condutores em Eletrodutos

A norma NBR 5410/97 estabelece as seguintes recomendações para a instalação dos eletrodutos:
Os eletrodutos, calhas e blocos alveolados podem conter condutores de mais de um circuito, nos seguintes casos:

a) Quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:
   - Os circuitos pertençam à mesma instalação, isto é, originam-se do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
   - As seções nominais dos condutores fase estejam contidas em um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
   - Os condutores isolados e os cabos isolados tenham a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.

b) No caso dos circuitos de força e comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento.
   - Nos eletrodutos, só devem ser instalados condutores isolados, cabo unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutores nus em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento.

5.1 - Taxa Máxima de Ocupação

A área útil do eletroduto e respectivos acessórios de ligação deve possibilitar a instalação e retirada com facilidade do condutores (fios ou cabos), bem como deixar uma área livre para permitir a dissipação do calor.

A NBR 5410/97 estabelece as seguintes prescrições quanto à taxa máxima de ocupação:

a) a taxa máxima de ocupação em relação à área de seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:
   - 53% no caso de um condutor (fio ou cabo);
   - 31% no caso de dois condutores (fios ou cabos); e · 40% no caso de três ou mais condutores (fios ou cabos).

Obs.: : Caso área total ocupada pelos condutores (fios ou cabos) contidos no interior do eletroduto seja igual ou inferior a 33% da área útil do mesmo não será necessária a aplicação do "fator de correção de agrupamento (FCA) para o dimensionamento dos referidos condutores.

5.2 - Instalação de Caixas de Derivação ou de Passagem

A NBR 5410/97 estabelece as seguintes recomendações para a instalação de Caixas de Derivação ou de Passagem, cuja finalidade é interligar trechos de eletrodutos:

- Não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores de 15,00 m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida em 3,00 m para cada curva de 90°.

Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas, no máximo, três curvas de 90° ou seu equivalente até, no máximo, 270°. Em nenhuma hipótese, podem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

Devem ser empregadas caixas de derivação:

a) em todos os pontos de entrada ou de saída da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas; **b)** em todos os pontos de emenda ou derivação de condutores;

c) para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente.
As caixas devem ser instaladas em lugares facilmente acessíveis e ser providas de tampas. As caixas que contiverem interruptores, tomadas de corrente e congêneres devem ser fechadas pelos espelhos que completam a instalação desses dispositivos

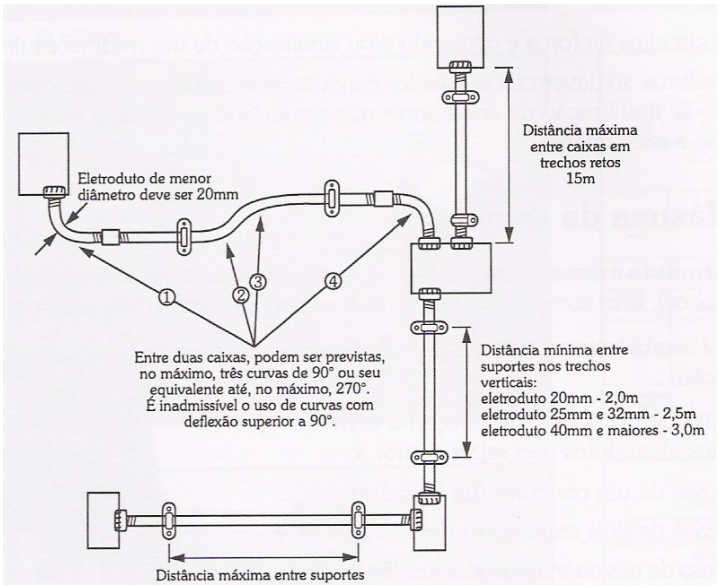

Distância máxima entre caixas em trechos retos 15m
Eletroduto de menor diâmetro deve ser 20mm
1
2
3
4
Entre duas caixas, podem ser previstas, no máximo, três curvas de 90° ou seu equivalente até, no máximo, 270°. É inadmissível o uso de curvas com deflexão superior a 90°.
Distância mínima entre suportes nos trechos verticais:
eletroduto 20mm - 2,0m
eletroduto 25mm e 32mm - 2,5m
eletroduto 40mm e maiores - 3,0m
Distância máxima entre suportes

Fig. 5.1- Recomendações para instalação das caixas de passagem

5.3 - Roteiro para Dimensionamento de Eletrodutos

Para o dimensionamento de eletrodutos, procede-se da seguinte forma:

a) Para condutores de seções diferentes, determina-se a **seção total ocupada pelos condutores.** conforme **Tabela** e utilizando a seguinte equação:

$$S_t = \sum\left(\frac{\pi . D^2}{4}\right) \quad \textbf{ou} \quad S_t = \sum(S_c)$$

Onde:

St - Seção total ocupada pelos condutores no eletroduto, em mm2.

D - Diâmetro externo do condutor, em mm.

π- 3,1415...
Se - Seção externa do condutor, em mm2.

b) Determina-se o Diâmetro Externo do Eletroduto (mm), consultando a Tabela , com o valor (St) encontrado no item "a".
c) Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam do mesmo tipo e mesma seção nominal, pode-se determinar o diâmetro externo do eletroduto consultando-se as Tabelas especifica.
d) Para se determinar o comprimento máximo dos eletrodutos para interligação de caixa de passagem, utiliza-se a seguinte equação:

$$l_{max.} = 15 - 3 \cdot N$$

Onde:

***l*max.** - Comprimento máximo entre duas caixas, em metros (m).

N - Número de curvas de 90° existentes no trecho (O a 3).

Referência de Rosca	Diâmetro externo nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura parede (mm)	Área Total aprox.(mm²)	Área útil (mm²) 1 cabo(53%)	Área útil (mm²) 2 cabos (31%)	Área útil (mm²)³ 3 cabos (40%)
1/2"	20	16	2,2	201,1	106,6	62,3	80,4
3/4"	25	21	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1.1/4"	40	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
2"	60	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2.1/2"	75	64,1	5,5	3227,0	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

Tabela 20 – Eletrodutos com suas taxas de ocupação

Seção nominal (mm²)	Pirastic Antiflam				Pirastic-flex Antiflam	
	Diâmetro externo (mm)		Seção ou Área total (mm²)		Diâmetro externo (mm)	Área total (mm²)
	Fios	Cabos	Fios	cabos		
1,5	2,8	3,0	6,2	7,1	3,0	7,1
2,5	3,4	3,7	9,1	10,7	3,6	10,2
4	3,9	4,2	11,9	13,8	4,2	13,8
6	4,4	4,8	15,2	18,1	4,7	17,3
10	5,6	5,9	24,6	27,3	6,1	29,2
16	6,5	6,9	33,2	37,4	7,8	47,8
25	8,5		56,7		9,6	72,4
35	9,5		71		10,9	93,3
50	11,0		95		13,2	136,8
70	13,0		133		15,0	176,7
95	15,0		177		-	-
120	16,5		214		-	-
150	18,0		255		-	-
185	20,0		314		-	-
240	23,0		416		-	-
300	26,0		530		-	-
400	28,5		638		-	-
500	32,0		804		-	-

Tabela 21- Áreas dos condutores de acordo com sua seção nominal

A tabela 22 abaixo pode ser utilizada ser forem instalados condutores de mesma bitola dentro de um eletroduto.

Seção nominal (mm²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho nominal do eletroduto								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	70
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

Tabela 22 – Capacidade de ocupação de condutores de mesma bitola em um eletroduto

6 - Fornecimento de Energia Elétrica

As normas das concessionárias estabelecem, inicialmente, as terminologias e definições que permitem uma compreensão mais detalhada dos termos técnicos utilizados para o fornecimento de energia elétrica às instalações de consumidores através de redes aéreas, a fim de se tomarem conhecidas por todos aqueles que trabalham com instalações elétricas.

A seguir, são apresentados os principais termos técnicos utilizados em normas de fornecimento de energia.

Normas

- **NTC9-01100** - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição-COPEL.
- **NTC9-01110** - Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo - COPEL.

Consumidor

É a pessoa física ou jurídica, a qual solicita à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assume a responsabilidade por todas as obrigações regulamentares e contratuais.

Unidade Consumidora

Trata-se de instalações de um único consumidor caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada.

Agrupamento de Unidades Consumidoras

É o conjunto de duas ou mais unidades consumidoras localizadas em um mesmo terreno e que não possuem área de uso comum com instalação elétrica exclusiva.

Edifício de Uso Coletivo

Prédio que possui como característica a existência de mais de uma unidade consumidora e que dispõe de área de uso comum com a instalação elétrica exclusiva (responsabilidade do condomínio).

Ponto de Entrega

Primeiro ponto de fixação dos condutores do ramal de ligação na propriedade do consumidor. É o ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica, com a participação nos investimentos necessário responsabilizando-se pela execução dos serviços, pela operação e pela manutenção.

Entrada de Serviço

Conjunto de condutores, equipamentos e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede secundária da concessionária e a medição, inclusive.

Ramal de Ligação

Conjunto de condutores e acessórios instalados pela concessionária entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

Ramal de Entrada

Conjunto de condutores, acessórios e equipamentos instalados pelo consumidor, a partir do ponto de entrega, até a medição, inclusive.

Ramal Alimentador

Conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor, após a medição para alimentação d instalações internas da unidade consumidora.

Limitador de Fornecimento

Equipamento de proteção (disjuntor termomagnético) destinado a limitar a demanda da unidade consumidora.

Centro de Medição

Local onde está situada a medição de dois ou mais consumidores.

Caixa para Medidor

Caixa lacrável destinada à instalação do medidor ou medidores de energia e seus respectivos acessórios, podendo ter instalado, também, o equipamento de proteção.

Caixa para Disjuntor de Proteção

Caixa lacrável destinada à instalação do disjuntor de proteção geral da entrada de serviço.

Cabina

Compartimento localizado dentro da propriedade do consumidor, destinado a abrigar o transformador de distribuição e os equipamentos e acessórios necessários à sua ligação.

Medição Direta

É a medição de energia, efetuada através de medidores conectados diretamente aos condutores do ramal de entrada.

Medição Indireta

É a medição de energia efetuada com auxílio de equipamentos auxiliares (TC-Transformadores de Corrente e, para Média e Alta Tensão, TP- Transformador de Potencial).

Chave de Aferição

É um dispositivo que possibilita a retirada do medidor do circuito sem interromper o fornecimento, ao mesmo tempo em que coloca em curto-circuito o secundário dos transformadores de corrente.

Demanda

É a média das potências elétricas instantâneas solicitadas por uma unidade consumidora, durante um período especificado.

Alimentador Principal ou Prumada

É a continuação ou desmembramento do Ramal de Entrada, do qual fazem parte os condutores, eletrodutos e acessórios, conectados a partir da proteção geral ou do Quadro de Distribuição Geral (QDG) até as caixas de medição ou de derivação.

6.1- Limite de Fornecimento

O fornecimento de energia elétrica é determinado em função das limitações estabelecidas pelas concessionárias, em função da potência (carga) instalada ou potência de demanda e tipo de carga ou de fornecimento.

Especificação de Entradas de Energia

Especificar uma entrada de energia para um consumidor significa adequar uma categoria de atendimento (Tipo de Fornecimento), à respectiva carga desse consumidor.

Para facilitar o entendimento do que seja entrada de energia, necessitamos de alguns conhecimentos, que passaremos a especificar em seguida:

1. Potência ou Carga Instalada: É a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos ligados em uma instalação do consumidor à rede de energia elétrica da concessionária (rede de distribuição).

Potência nominal é aquela registrada na placa ou impressa no aparelho ou máquina.

Exemplo:

Quantidade	**Especificação das cargas**	**Potência Nominal**	**Potência total (W)**
02	Chuveiros	5.450 W	10.900
01	Torneira Elétrica	4.400 W	4.400
01	Geladeira	150 W	150
01	Ferro Elétrico	1.200 W	1.200
01	Televisor	300 W	300
01	Secador de cabelos	1.000 W	1.000
12	Lâmpadas incandescentes	100 W	1.200
01	Aquecedor	1.200 W	1.200
		TOTAL	20.350

.

Demanda de Utilização (Provável Demanda): É a somas das potências nominais de todos os aparelhos elétricos que funcionam simultaneamente, utilizada para o dimensionamento dos condutores dos ramais alimentadores, dispositivos de proteção, categoria de atendimento ou tipo de fornecimento e demais características do consumidor.

Para o cálculo da Demanda (D) na elaboração do projeto elétrico, deve-se observar o seguinte:

a) Ao prever as cargas, estuda-se a melhor forma de instalar os pontos de utilização de energia elétrica.

b) A utilização da energia elétrica varia no decorrer do dia, porque o(s) usuário(s) não utilizam ao mesmo tempo (simultaneamente) todos os pontos da instalação.

c) A Carga instalada não varia, mas a demanda varia.

d) Caso a especificação da entrada de energia fosse feita pela Carga (potência) instalada, em vez da demanda, haveria um superdimensionamento de todos os elementos (disjuntores, condutores, poste, etc.) que compõem a entrada de energia e, conseqüentemente, em vez de se adotar uma categoria adequada, passar-se-ia para uma categoria superior, tendo como conseqüência os custos maiores, sem necessidade.

e) O cálculo da demanda é um método estatístico, e suas tabelas foram elaboradas em função de estudos e experiências dos projetistas.

f) A demanda, por ser um método estatístico, não pode ter o seu valor considerado como único e verdadeiro, por isso é chamado de "provável máxima demanda" ou "demanda máxima prevista".

Para simplificar, chamaremos somente de **demanda *(D).***

g) O cálculo da Demanda depende da concessionária de cada região.

A figura 9.1, em seguida mostra o comportamento da demanda de um consumidor residencial.

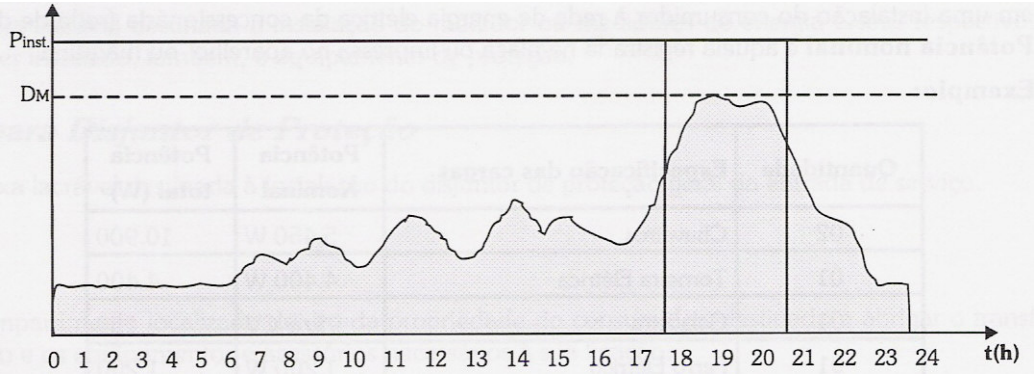


Fig. 6.1 – Comportamento da demanda de um consumidor residencial

A demanda (D) de residências e apartamentos individuais é determinada com a utilização da seguinte expressão:

$$\mathbf{D=(P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2)}$$

Onde:

D = Demanda individual da unidade consumidora, em kV A.

$\mathbf{P_1}$ = Soma das potências ativas da iluminação e Tomadas de Uso Geral- TUG's, em watts (W).

$\mathbf{P_2}$ = Soma das potências de Tomadas de Uso Específico - TUE's, em watts (W).

g_1 = Fator de Demanda dado pela Tabela 23.

g_2 = Fator de Demanda dado pela Tabela 24.

Fator de Demanda

Para calcular a demanda (D), é necessário conhecer o Fator de Demanda (gl e g2)'

As Tabelas abaixo fornecem esses valores.

Linha	Potência (W)	g1
01	O a 1.000	0,86
02	1.001 a 2.000	0,75
03	2.001 a 3.000	0,66
04	3.001 a 4.000	0,59
05	4.001 a 5.000	0,52
06	5.001 a 6.000	0,45
07	6.001 a 7.000	0,40
08	7.001 a 8.000	0,35
09	8.001 a 9.000	0,31
10	9.001 a 10.000	0,27
11	Acima de 10.000	0,24

Tabela 23 - Fatores demanda para Iluminação e Tomadas de Uso Geral - TUG's

N° de circuitos de TUE's	g_2	N° de circu de TUE's	g_2
Ol	1,00	11	0,49
02	1,00	12	0,48
03	0,84	13	0,46
04	0,76	14	0,45
05	0,70	15	0,44
06	0,65	16	0,43
07	0,60	17	0,41
08	0,57	18-19-20	0.40
09	0,54	21-22-23	0,39
10	0,52	24 e 25	0,38

Tabela 24 - Fatores demanda para Iluminação e Tomadas de Uso Especifico - TUE's

. Objetivos da especificação da Entrada de Energia

1. Determinar o tipo de fornecimento;
2. Dimensionar os equipamentos de medição e proteção;
3. Efetuar estimativa de Carga e demanda declarada;
4. Efetuar estimativa de Fator de Potência (no caso de residências e apartamentos individuais, considera-se FP = l,OO).

Procedimento para a especificação da Entrada de Energia

Para enquadrar na categoria adequada ou tipo de fornecimento, obedecer ao seguinte roteiro.

1.Determinar a carga instalada, conforme NBR 5410/97.

2. Verificar a Demanda do Consumidor, em kVA.

3. Verificar o número de fases das cargas do consumidor.

4. Verificar a potência dos motores, FN, 2F, 3F, em CV.

5. Verificar a potência dos aparelhos de solda e raio X, em kV A.

6. Enquadrar o consumidor na categoria adequada, consultando da Norma da Concessionária local (COPEL NTC 9-01100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição).

Na figura 6.2 temos uma representação de todas as partes componentes do circuito da entrada de energia:

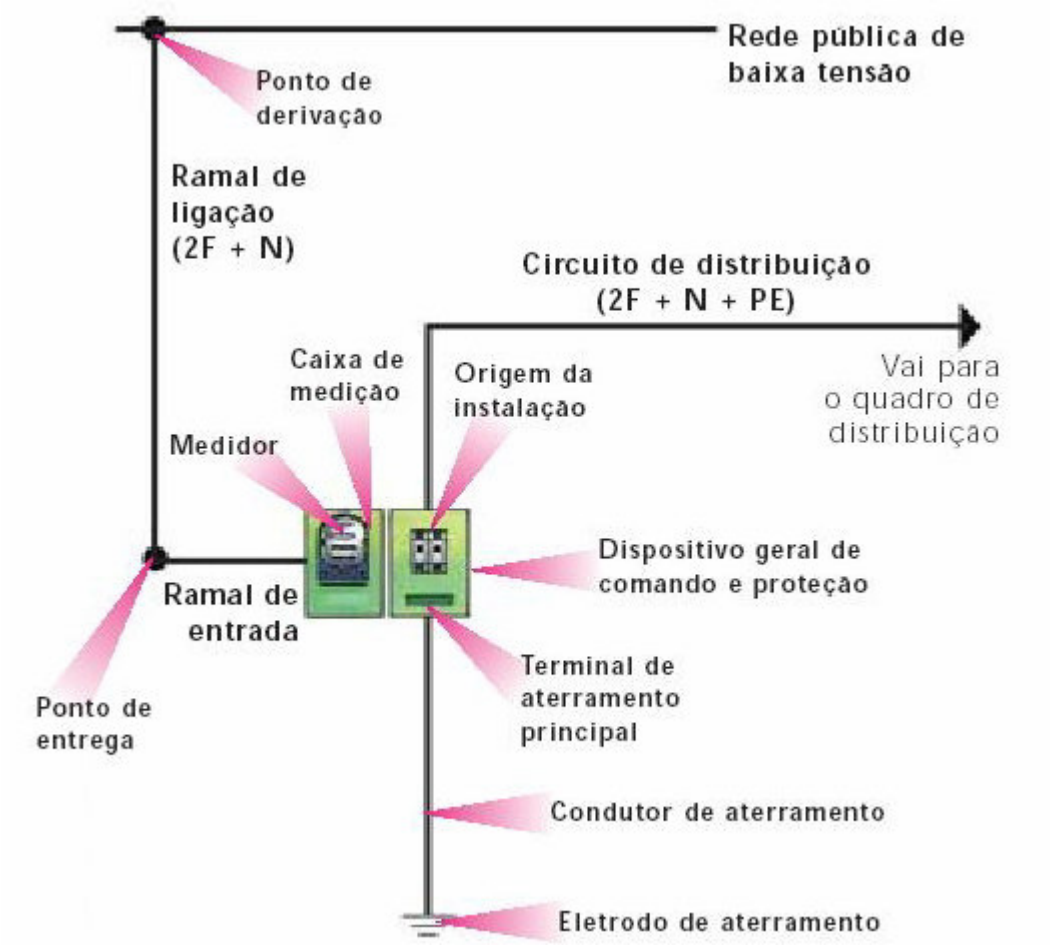
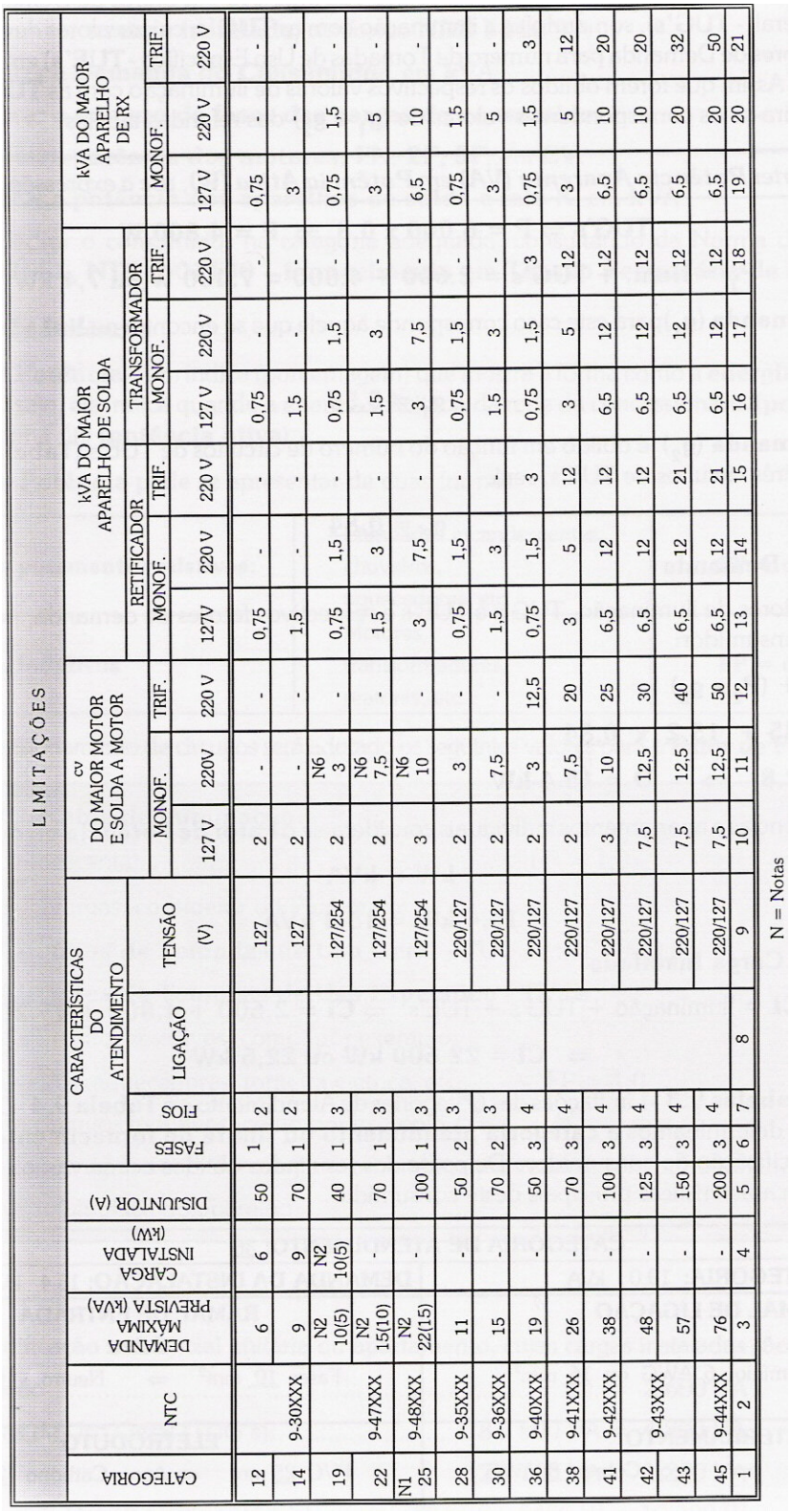

Rede pública de baixa tensão
Ponto de derivação
Ramal de ligação (2F + N)
Circuito de distribuição (2F + N + PE)
Caixa de medição
Origem da instalação
Vai para o quadro de distribuição
Medidor
Dispositivo geral de comando e proteção
Ramal de entrada
Terminal de aterramento principal
Ponto de entrega
Condutor de aterramento
Eletrodo de aterramento

Figura6.2- . Descrição dos elementos da entrada de energia

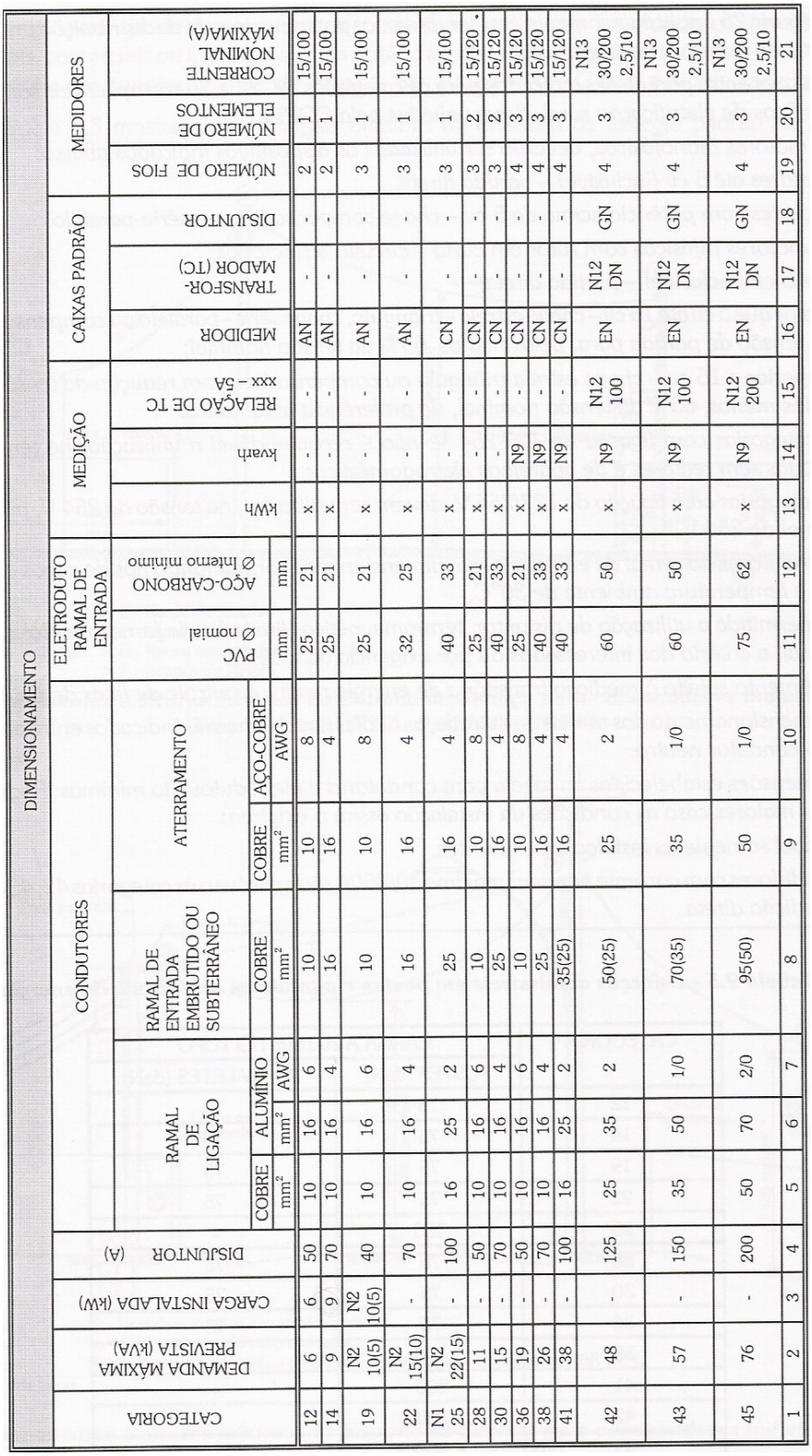


LIMITAÇÕES

CATEGORIA	NTC	DEMANDA MÁXIMA PREVISTA (kVA)	CARGA INSTALADA (kW)	DISJUNTOR (A)	CARACTERÍSTICAS DO ATENDIMENTO			TENSÃO (V)	cv DO MAIOR MOTOR E SOLDA A MOTOR			kVA DO MAIOR APARELHO DE SOLDA				kVA DO MAIOR APARELHO DE RX			
					FASES	FIOS	LIGAÇÃO		MONOF.		TRIF.	RETIFICADOR			TRANSFORMADOR			MONOF.		TRIF.
									127 V	220V	220 V	127V	220 V	220 V	127 V	220 V	220 V	127 V	220 V	220 V
12	9-30XXX	6	6	50	1	2		127	2	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-
14		9	9	70	1	2		127	2	-	-	1,5	-	-	1,5	-	-	3	-	-
19	9-47XXX	N2 10(5)	N2 10(5)	40	1	3		127/254	2	N6 3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-
22		N2 15(10)	-	70	1	3		127/254	2	N6 7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-
N1 25	9-48XXX	N2 22(15)	-	100	1	3		127/254	3	N6 10	-	3	7,5	-	3	7,5	-	6,5	10	-
28	9-35XXX	11	-	50	2	3		220/127	2	3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-
30	9-36XXX	15	-	70	2	3		220/127	2	7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-
36	9-40XXX	19	-	50	3	4		220/127	2	3	12,5	0,75	1,5	3	0,75	1,5	3	0,75	1,5	3
38	9-41XXX	26	-	70	3	4		220/127	2	7,5	20	3	5	12	3	5	12	3	5	12
41	9-42XXX	38	-	100	3	4		220/127	3	10	25	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20
42	9-43XXX	48	-	125	3	4		220/127	7,5	12,5	30	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20
43		57	-	150	3	4		220/127	7,5	12,5	40	6,5	12	21	6,5	12	12	6,5	20	32
45	9-44XXX	76	-	200	3	4		220/127	7,5	12,5	50	6,5	12	21	6,5	12	12	6,5	20	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

N = Notas

Tabela 25 - Limitações da categoria de fornecimento



DIMENSIONAMENTO																								
CATEGORIA	DEMANDA MÁXIMA PREVISTA (kVA)	CARGA INSTALADA (kW)	DISJUNTOR (A)	CONDUTORES				ATERRAMENTO			ELETRODUTO RAMAL DE ENTRADA		MEDIÇÃO			CAIXAS PADRÃO			MEDIDORES			
				RAMAL DE LIGAÇÃO			RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO OU SUBTERRÂNEO				PVC Ø nominal	AÇO-CARBONO Ø interno mínimo	kWh	kvarh	RELAÇÃO DE TC xxx – 5A	MEDIDOR	TRANSFORMADOR (TC)	DISJUNTOR	NÚMERO DE FIOS	NÚMERO DE ELEMENTOS	CORRENTE NOMINAL MÁXIMA(A)	
				COBRE	ALUMÍNIO		COBRE	COBRE	AÇO-COBRE															
				mm²	mm²	AWG	mm²	mm²	AWG		mm	mm												
12	6	6	50	10	16	6	10	10	8		25	21	x	-	-	AN	-	-	2	1	15/100			
14	9	9	70	10	16	4	16	16	4		25	21	x	-	-	AN	-	-	2	1	15/100			
19	N2 10(5)	N2 10(5)	40	10	16	6	10	10	8		25	21	x	-	-	AN	-	-	3	1	15/100			
22	N2 15(10)	-	70	10	16	4	16	16	4		32	25	x	-	-	AN	-	-	3	1	15/100			
N1 25	N2 22(15)	-	100	16	25	2	25	16	4		40	33	x	-	-	CN	-	-	3	1	15/100			
28	11	-	50	10	16	6	10	10	8		25	21	x	-	-	CN	-	-	3	2	15/120			
30	15	-	70	10	16	4	25	16	4		40	33	x	-	-	CN	-	-	3	2	15/120			
36	19	-	50	10	16	6	10	10	8		25	21	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120			
38	26	-	70	10	16	4	25	16	4		40	33	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120			
41	38	-	100	16	25	2	35(25)	16	4		40	33	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120			
42	48	-	125	25	35	2	50(25)	25	2		60	50	x	N9	N12 100	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10			
43	57	-	150	35	50	1/0	70(35)	35	1/0		60	50	x	N9	N12 100	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10			
45	76	-	200	50	70	2/0	95(50)	50	1/0		75	62	x	N9	N12 200	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			

Tabela 26 - Dimensionamento da entrada de energia

NOTAS:

1. A categoria 25 é aplicável somente em atendimentos por meio de rede de distribuição primária não trifásica, a partir de transformador exclusivo. .

2. Os valores entre parênteses indicados para as categorias 19, 22 e 25 são aplicáveis somente a programas espedficos de eletrificação rural, desenvolvidos pela COPEL.

3. Para motores monofásicos, deverão ser utilizados os dispositivos indicados abaixo:

· Motores até 5 cv {inclusive} - partida direta.

· Motores com potência acima de 5 cv - chave compensadora ou série-paralelo.

4. Para motores trifásicos com rotor em curto - circuito e síncronos:

· Até 5 cv {inclusive} - partida direta;

· Maior que 5 cv até 15 cv -chave estrela - triângulo, chave série-paralelo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelos menos, 65% da tensão nominal;

Superior a 15 cv - chave estrela-triângulo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelos menos, 65% da tensão nominal, de preferência automática.

5. Nas categorias com ligação de 127/254 V, não é recomendável a utilização, na tensão de 254 V, de lâmpadas sem reatores e de aparelhos eletrodomésticos.

6. Nas categorias com ligação de 127/254 V, devem ser utilizados, na tensão de 254 V, motores com tensão nominal de 254 V.

7. Os condutores do ramal de entrada foram dimensionados considerando fios de cabos com isolamento de PVC, a temperatura ambiente de 30°C.

8. Será permitida a utilização de disjuntor termomagnético (limitador de fornecimento) de menor corrente nominal, a critério dos interessados ou por exigência da COPEL.

9. Atendimento sujeito à medição transitória de energia reativa (controle de fator de potência).

10. No dimensionamento dos ramais de entrada, as bitolas nos condutores indicados entre parênteses referem -se ao condutor neutro.

11. As dimensões estabelecidas na tabela para condutores e eletrodutos são mínimas. Poderão ser adotadas bitolas maiores caso as condições da instalação assim o exigirem.

12. Aplicável somente às instalações existentes.

13. Os medidores com corrente nominal/máxima 30/200 A ,são aplicáveis às categorias 42,43 e45 para os casos de medição direta.

6.2 - Fator de Potência

O Fator de Potência é um índice (porcentagem) que mostra a forma como a energia elétrica recebida está sendo utilizada, ou seja, ele indica quando a energia solicitada da rede da concessionária (potência aparente) está sendo usada de forma útil (potência ativa).

O Fator de Potência pode se apresentar de duas formas:

1) Circuitos puramente resistivos:	Lâmpadas incandescentes, chuveiros, aquecedores, etc.	F P= cos φ = 1,0
2) Circuitos indutivos	Motores, transformadores, reatores, etc.	FP = cos φ < 1,0

Para o dimensionamento dos circuitos serão adotados os seguintes valores para o Fator de potencia ou cos φ.

- **Iluminação:**

Incandescente = FP = 1,0;
De descargas: considerar o FP do reator;

- **Circuitos de tomadas de uso geral:**

Para circuitos resistivos= FP =1,0;

Para circuitos indutivos: Ar condicionado, motores, verificar o FP de placa do equipamento.

Exemplos:

Seja uma edificação residencial unitária ou apartamento, cujas cargas instaladas são:

· Iluminação ..... = 2.600 VA
· Tomadas de Uso Geral (TUG's): ..... 8 x 600 VA = 4.800 VA
12 x 100 VA = 1.200 VA
· Tomadas de Uso Específico (TUE's). CH - 2 x 5400 W = 10.800 W
TE - 1 x 4400 W = 4.400 W

a) Cálculo dos Fatores de Demanda:

Os Fatores de Demanda (gl e g2) são retirados das Tabelas 23 - (Fatores de Demanda de iluminação de Tomadas de Uso Geral - TUG' s), somando[se a iluminação com as TUG' s, cujos valores devem estar em watts, e da Tabela 24 - (Fatores de Demanda para número de Tomadas de Uso Específico - TUE' s) em função do número de circuitos de TUE's. Assim que forem obtidos os respectivos valores de iluminação com as TUG's e o número de circuitos de TUE's, retira-se os correspondentes valores de (gl e g2) das referidas tabelas.

Para converter Potência Aparente (VA) em *Potência Ativa (W), use* a expressão: P = *VA x* FP

TUG's => P = 6.000 x 0,8 => P = 4.800 W

P1 = lIum. + TUG's = 2.600 + 4.800 = 7.400 W ou 7,4 kW

O Fator de Demanda (gl) para este caso corresponde àquele que se encontra na linha 08 da Tabela 23,que é igual a:

gl = 0.35

O Fator de Demanda (g2) é obtido em função do número de circuitos de TUE's (Tabela 24), e para este exemplo, como temos três circuitos de TUE's, será:

g2 = 0.84

b) Cálculo da Demanda

De posse dos valores de iluminação, TUG's e TUE's e respectivos fatores de demanda, podemos calcular a demanda (D) deste consumidor:

D = (P 1 x gl) + (P 2 x g2)

D = 7.4 x 0.35 + 15.2 x 0.84

D = 2,59 + 12,8 => D = 15,4 kW \

No caso de residências e apartamentos individuais considera-se o Fator de Potência ou cos φ = 1,0, então:

kW = kVA

15,4 kW = 15,4 kVA

c) Cálculo da Carga Instalada

CI = Iluminação + TUG's + TUE's => CI = 2.600 + 4.800 + 15.200

⇨ CI = 22.600 kW ou 22,6 kW

Consultando a Tabelas abaixo - Limitações das Categorias de Atendimento e a Tabela 25 - Dimensionamento da Entrada de Energia, determinamos a categoria atendimento ou limite de fornecimento e demais dados necessários para a especificação do consumidor. De posse dos resultados obtidos acima vamos, agora, preencher a tabela abaixo com as características principais deste consumidor.

CATEGORIA DE ATENDIMENTO: 36	
DEMANDA DA CATEGORIA: 19 kVA	**DEMANDA DA INSTALAÇÃO:** 15,4 kVA
RAMAL DE LIGAÇÃO Cobre: mm2 ; Alumínio: 6 AWG ou 16 mm2	**RAMAL DE ENTRADA** Cobre Fases 10 Neutro 10.. mm2
ATERRAMENTO Cobre:10 mm2 Aço - Cobre:10 AWG	**ELETRODUTO** PVC 25 mm Aço - Carbono 21 mm
Caixa Tipo: CN	**Disjuntor**: 50 A **TRlPOLAR**

7 -DIMENSIONAMENTO ILUMINAÇÃO

Através deste método iremos determinar a quantidade mínima de pontos a serem instalados para atender a NBR 5410, entretanto o projetista pode instalar um numero maior de pontos atendendo a necessidade do cliente.:

- Prever pelo menos um ponto de luz fixo no teto em cada cômodo de unidades residenciais, comandados por interruptor de parede;

As potencias mínimas de iluminação devem atender as seguintes condições:

- Para área igual ou inferior a 6 m^2 : Prever um carga mínima de 100VA;
- Para área superior a 6 m^2: Prever uma carga mínima de 100VA para os primeiro 6 m^2, acrescidas de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.

Obs.: A NBR não estabelece critérios para iluminação em áreas externas de residências, ficando a decisão a cargo do projetista.

Exemplo:

Cômodo	Área(m^2)	Potência da Iluminação(VA)
Quarto/Sala	18	280
Banheiro	4	100
Cozinha	8	160

7- DIMENSIONAMENTO DE TOMADAS DE USO GERAL(TUG´S)

As tomadas de uso geral(TUG´s) são definidas como pontos de tomadas destinados a aparelhos portáteis, e/ou de baixa potência que podem ser retirados ou alterados de seu lugar, assim uma tomada de uso geral não é projetada para atender um único equipamento. Como exemplo de tomadas de uso geral temos: aparelho de som, ventiladores, liquidificadores, etc.

As tomadas de uso geral saem diretamente de um disjuntor do quadro de distribuição, podendo ser ligadas duas ou mais tomadas em um mesmo circuito como mostra a figura:

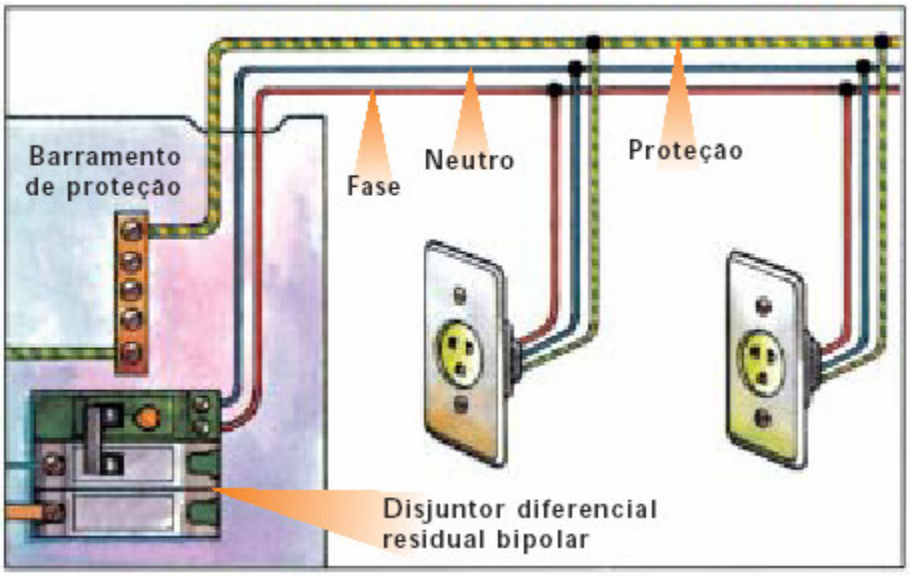
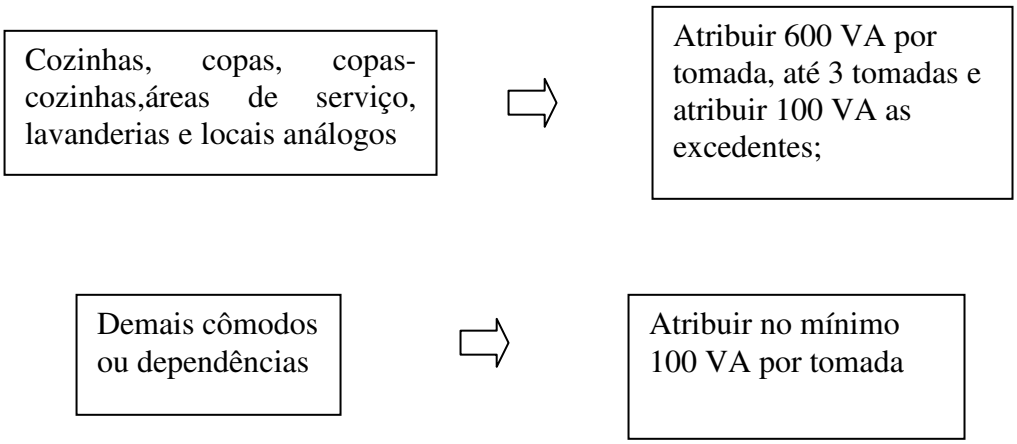


Fig .7.1- Ligação das tomadas de uso geral desde o quadro de distribuição

Condições para se estabelecer a quantidade mínima de tomadas de uso geral:

Cômodos com área igual ou inferior a 6 m^2	⇨	No mínimo uma tomada;
Cômodos com área superior a 6 m^2	⇨	No mínimo uma tomada para cada 5 m ou fração de perímetro instaladas em local adequado
Cozinhas, copas, copas-cozinhas,áreas de serviço, lavanderias e locais análogos	⇨	Uma tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro, que acima de balcões com largura maior ou igual a 30 cm deve ser prevista uma tomada
Halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas	⇨	No mínimo uma tomada;
Banheiros	⇨	No mínimo uma tomada junto ao lavatório com uma distância mínima de 60 cm do boxe

Condições para se estabelecer as potências das TUG´S


Cozinhas, copas, copas-cozinhas,áreas de serviço, lavanderias e locais análogos
Atribuir 600 VA por tomada, até 3 tomadas e atribuir 100 VA as excedentes;
Demais cômodos ou dependências
Atribuir no mínimo 100 VA por tomada

Divisão dos Circuitos da Instalação Elétrica

- Devem ser previstos circuitos distintos para iluminação e tomadas;
- Devem ser previstos circuitos distintos para tomadas de uso geral da cozinha, copa-cozinha e área de serviço;
- Cada tomada de Uso especifico deve ter um circuito exclusivo;
- Devem ser previstos circuitos independentes para tomadas com consumo de mais de 10 A;
- A instalação deve ser balanceada entre as fases da instalação de acordo com o fornecimento(monofásico, bifásico e trifásico).

8 - Elaboração de um Projeto Elétrico de uma Residência

Baseado na planta abaixo faremos o projeto da instalação elétrica de um apartamento do tipo Kit Net

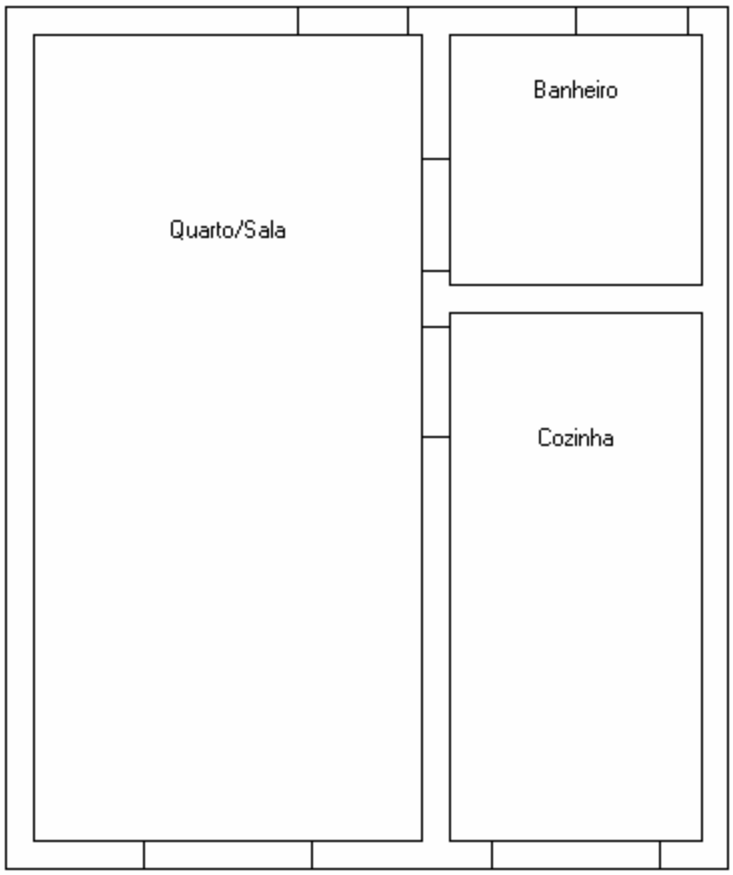


Fig. 8.1- Planta baixa Modelo de instalação Elétrica

Dimensões dos cômodos da residência:

Cômodo	Dimensões
Quarto/Sala	3 x 6
Banheiro	2 x 2
Cozinha	2 x 4